VERÄNDERUNGEN DER PHOSPHATIDFRAKTIONEN IN DEN LIPOPROTEINFRAKTIONEN DES PLASMAS DURCH DIE FETTZUFUHR

Oswald Spitzenberger

München 1981

Aus der Med. Poliklinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. N. Zöllner

VERÄNDERUNGEN DER PHOSPHATIDFRAKTIONEN IN DEN LIPOPROTEINFRAKTIONEN DES PLASMAS DURCH DIE FETTZUFUHR

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Oswald Spitzenberger
aus
Mitterfirmiansreut
Jahr
1981

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. G. Wolfram
Mitberichterstatter: Prof. Dr. N. Zöllner
Dekan: Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 17.12.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gewidmet meiner Frau Eva

A b s t r a c t

SPITZENBERGER, OSWALD:
VERÄNDERUNGEN DER PHOSPHATIDFRAKTIONEN IN DEN LIPOPROTEINFRAKTIONEN DES PLASMAS DURCH DIE FETTZUFUHR

Sechs gesunde, weibliche Versuchspersonen erhielten jeweils 2 Wochen lang drei verschiedene Formeldiäten, wobei die Zuteilung zu den Formeldiäten in Zweiergruppen unterschiedlich war. Formeldiät I war fettfrei, der Eiweißgehalt war mit 15 % der Nahrungsenergie bei allen Formeldiäten gleich. Formeldiät II und III hatten einen Fettanteil von 3o %. Der P/S Quotient war bei Formeldiät II 0,47 und bei Formeldiät III 11,14. Die relativen und absoluten Konzentrationen von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin wurden in den Lipoproteinfraktionen VLDL, LDL und HDL mittels tubulärer Dünnschichtchromatographie bestimmt. Der prozentuale Anteil des Lecithin an den gesamten Phosphatiden nahm in der LDL- und HDL-Fraktion mit steigendem P/S Quotienten ab. Auch die absoluten Lecithinmengen nahmen beim Übergang von herkömmlicher Kost auf die fettfreie Formeldiät deutlich ab. Die Formeldiät II mit einem Fettanteil von 3o % ließ die Lecithinkonzentrationen wieder etwas ansteigen. Die niedrigsten Werte wurden in der LDL- und HDL-Fraktion unter Formeldiät III gemessen. Die Lecithinwerte in der VLDL-Fraktion blieben unter Formeldiät I unverändert und sanken unter Formeldiät II auf weniger als die Hälfte des Ausgangswertes ab. Unter Formeldiät III nahm das Lecithin in der VLDL-Fraktion wieder gering zu. Die relativen Sphingomyelin- und Lysolecithinwerte änderten sich dem Lecithin entgegengesetzt, während die absoluten Konzentrationen ein ähnliches Verhalten wie die Lecithinfraktion zeigten.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	METHODIK	3
2.1	Die tubuläre Dünnschichtchromatographie	3
2.2	Der Arbeitsablauf	3
2.2.1	Reinigen und Prüfen der Quarzröhrchen	3
2.2.2	Auftragen	4
2.2.3	Fließmittel und Trocknen	4
2.2.4	Scannen	5
2.2.5	Charakterisierung der Peaks	5
2.2.6	Quantifizierung der Peaks	6
2.3	Prinzip des Becker - TLC - Detector	6
2.4	Eichkurven	7
2.4.1	R_f - Wert	7
2.4.2	Flächenwerte	8
2.5	Die Lipoproteinfraktionen	9
2.6	Lipoidextrakt nach Sperry	9
2.6.1	Extraktion	9
2.6.2	Reinigung	9
2.6.3	Einengen	10
2.7	Formeldiät	10
2.7.1	Zusammensetzung der Formeldiäten	10
3.	ERGEBNISSE	12
3.1	VLDL	12
3.1.1	Prozentuale Änderung der Einzelwerte	12
3.1.2	Absolute Änderung der Einzelwerte	12
3.2	LDL	13
3.2.1	Prozentuale Änderung der Einzelwerte	13
3.2.2	Absolute Änderung der Einzelwerte	14
3.3	HDL	14
3.3.1	Prozentuale Änderung der Einzelwerte	14
3.3.2	Absolute Änderung der Einzelwerte	15

4.	DISKUSSION	17
4.1	Vergleich der einzelnen Ausgangswerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin mit Ergebnissen anderer Untersuchungen	17
4.1.1	VLDL	17
4.1.2	LDL	18
4.1.3	HDL	18
4.2	Vergleich der mittleren Ausgangswerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin mit Ergebnissen anderer Untersuchungen	19
4.2.1	VLDL	19
4.2.2	LDL	20
4.2.3	HDL	20
4.3	Relative und absolute Änderung der Mittelwerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin unter drei verschiedenen Formeldiäten im Vergleich mit Ergebnissen anderer Untersuchungen	21
4.3.1	VLDL	21
4.3.2	LDL	22
4.3.3	HDL	23
5.	ZUSAMMENFASSUNG	24
6.	LITERATURVERZEICHNIS	25
7.	ANHANG	33

1. EINLEITUNG

Phosphatide spielen eine wichtige Rolle als Bausteine biologischer Membranen. Chemisch handelt es sich hierbei um Phosphodieester. Die Phosphorsäure ist an einer Hydroxylgruppe mit dem dreiwertigen Alkohol Glycerin oder dem Amino-di-alkohol Sphingosin verestert. Die andere Esterbindung hält Substituenten wie Cholin, Äthanolamin, Serin oder Inosit (2o). 1,2-dilinoleoylphosphatidylcholin ist der Prototyp eines mehrfach ungesättigten Phosphatidylcholinmoleküls (9, Abb. 1). Die mengenmäßig größte Phospholipidfraktion ist das Lecithin; es folgen Sphingomyelin und Lysolecithin. Die Phosphatide kommen im Serum als Bestandteile der einzelnen Lipoproteinfraktionen vor. Ihr Anteil ist am höchsten in den high-density Lipoproteinen, nimmt in den low-density Lipoproteinen und besonders in den very-low-density Lipoproteinen ab und ist in den Chylomikronen praktisch zu vernachlässigen. Ein hoher LDL-Cholesteringehalt im Serum gilt als wichtiger Risikoindikator für das Auftreten der Arteriosklerose und der koronaren Herzkrankheit (4, 7, 8, 1o, 36). Heute überwiegt die Meinung, daß hohe LDL-Cholesterinwerte ein geringeres Risiko darstellen als zu niedere HDL-Cholesterinwerte (15). Negative Auswirkungen auf den HDL-Cholesterinspiegel sind beschrieben bei Fettsucht (4o), Zigarettenkonsum (13), Einnahme von Kontrazeptiva (2) und bei Diabetes mellitus (15, 31). Positive Beziehungen bestehen zwischen HDL-Cholesterinwerten einerseits, sowie körperlichem Training (43), der Wirkung von Östrogenen (17) und mäßigem Alkoholkonsum (19). Formeldiäten mit hohem Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren verändern die einzelnen Lipoproteinfraktionen (14, 33). Als deren Bestandteil sind die Phosphatide und in erster Linie das Lecithin betroffen (1, 41).

Wir haben den Einfluß von Formeldiäten mit verschiedenen Fettarten auf die Phosphatidfraktionen der einzelnen Lipoproteinfraktionen untersucht.

2. METHODIK

2.1 Die tubuläre Dünnschichtchromatographie

Die tubuläre Dünnschichtchromatographie ist ein modifiziertes Verfahren der Dünnschichtchromatographie. Die Grundlage bildet die von Wagner (38) und Wagner et al (39) entwickelte Methode zur Trennung von Lipoiden mit Kieselgel als Sorptionsmittel. Skipski et al (34) verbesserten das Verfahren im Hinblick auf die Trennschärfe und erhielten genauere Meßergebnisse für die nur in geringeren Mengen vorhandenen Phosphatide. Die tubuläre Dünnschichtchromatographie in der jetzigen Form basiert auf den Forschungen von Mukherjee et al (23). Die Innenwand eines Quarzröhrchens wird mit Kieselgel als Sorptionsmittel beschichtet. Ein geeignetes Lösungsmittelsystem z.B. Chloroform, Methanol, Wasser im Verhältnis 65:25:4 trennt die einzelnen Substanzen. Die Röhrchen werden in einem Scanner -Becker TLC-Detector- segmental erhitzt, wobei die entsprechenden Zonen organischer Verbindungen zu CO_2 oxidiert werden. Das Kohlendioxid wird zu Methan reduziert und quantitativ bestimmt. Als Transportmittel dient Stickstoff.

2.2 Der Arbeitsablauf

2.2.1 Reinigen und Prüfen der Quarzröhrchen

Es werden Quarzröhrchen mit 2oo mm Länge und 6 mm Durchmesser verwendet. Sie sind innen mit einer Mischung aus Kieselgel und 1o % Kupferoxid beschichtet. Zur Reaktivierung des CuO werden die Röhrchen in der Flamme eines Bunsenbrenners rotglühend erhitzt, während Luft durchgeblasen wird. Dabei werden eventuell vorhandene organische Substanzen oxidiert und mit dem Luftstrom entfernt.

Die Röhrchen werden an einem Ende in Aceton getaucht, das als unpolares Lösungsmittel Lipide und lipidähnliche Substanzen an den oberen Rand der Kieselgelschicht transportiert. Nach etwa zehnminütiger Trocknung erfolgt eine erneute Erhitzung auf dem Bunsenbrenner. Um Verunreinigungen zu vermeiden wird das Röhrchen dann nur mehr an einem Ende berührt. Durch einen oder mehrere Probeläufe im TLC-Detector prüft man auf noch vorhandene organische Verunreinigungen. Für den weiteren Versuchsablauf werden Röhrchen verwendet, die bei geringer Abschwächung des FID-Signals, Schalterstellung: Range 1/ Attenuator 4, auf dem Kompensationsschreiber Ausschläge von höchstens 5 cm haben.

2.2.2 Auftragen

Eine Mikroliterspritze wird durch mehrmaliges Aufziehen mit Chloroform gereinigt. Es werden 5 Mikroliter eines Lipoidextraktes nach Folch-Sperry (45) aufgezogen. Die Nadel der Mikroliterspritze wird etwa 2 cm in ein vorher geprüftes Quarzröhrchen eingeführt, wobei die Kieselgelschicht nicht zerkratzt werden darf. Am oberen Ende des Röhrchens befestigt man einen Schlauch, durch den Stickstoff strömt. Durch leichtes Antippen der Mikroliterspritze wird ein punktförmiger Substanzfleck erzeugt, der schnell von der Kieselgelschicht aufgesogen wird. Diesen Vorgang wiederholt man, bis die gesamte Substanz aufgetragen ist.

2.2.3 Fließmittel und Trocknen

Die Quarzröhrchen werden nach zweistündigem Trocknen in ein Fließmittel aus Chloroform: Methanol: Aqua bidest: 65: 35: 4: v: v: v: gestellt. Das Fließmittel soll etwa 5 mm der Kieselgelschicht bedecken.

Die punktförmige Auftragstelle muß auf jeden Fall frei sein. Die einzelnen Lipide und lipidähnlichen Stoffe wandern verschieden weit und werden getrennt. Wenn das Fließmittel den oberen Rand der Kieselgelschicht erreicht hat, ist der Trennvorgang beendet. Die Quarzröhrchen werden in einem zylindrischen Ofen unter Stickstoffzufuhr bei 80° C mindestens 4 h getrocknet.

2.2.4 Scannen

Nach dem Trocknen werden die Röhrchen im TLC-Detector versenkt und erhitzt, wobei die leicht flüchtigen organischen Substanzen eliminiert werden. Dieser Vorgang wird beendet, wenn sich bei geringer Abschwächung des FID-Signals, Schalterstellung Range 1/ Attenuator 4, auf dem Elektrometer der Schreiber im linken Skalendrittel zwischen Teilstrich 2o und 3o befindet. Die Quarzröhrchen werden nun mit einer Geschwindigkeit von 1 cm/min. gescannt. Das FID-Signal muß auf dem Elektrometer soweit abgeschwächt werden, daß die Ausschläge vollständig abgebildet werden. Bei zu großer Abschwächung sind die Ausschläge nicht mehr deutlich zu identifizieren und die Genauigkeit ist vermindert. Als am besten geeignet haben sich folgende Schalterstellungen auf dem Elektrometer erwiesen: R 1/ A 64, R 10/ A 32, R 1o/ A 16.

2.2.5 Charakterisierung der Peaks

Um die einzelnen Peaks richtig deuten zu können, mißt man in einer Reihe von Vorversuchen die Entfernung zwischen der Lösungsmittelfront und den Peaks der Reinsubstanzen. Mit Hilfe dieser R_f - Werte lassen sich die einzelnen Peaks identifizieren.

2.2.6 Quantifizierung der Peaks

Der Flächeninhalt eines bestimmten Peaks ist proportional zur aufgetragenen Menge einer Substanz. Je größer die Auftragsmenge einer Substanz ist, desto größer ist auch der Flächeninhalt eines Peaks. Um die prozentualen Anteile der einzelnen Fraktionen zueinander zu erhalten, setzt man die Gesamtfläche der Peaks 100 und errechnet aus den Flächenverhältnissen den prozentualen Anteil.

2.3 Prinzip des Becker-TLC-Detector (Abb. 2)

Das obere Ende des Quarzröhrchens ist mit der Stickstoffzufuhr verbunden (Weg A). Stickstoff ist als Trägergas geeignet, weil es keinen Beitrag zum FID-Signal liefert und die Ergebnisse nicht verfälscht. Das untere Ende des Röhrchens führt zum eigentlichen Oxydations-Reduktionssystem. Das Röhrchen kann über ein Federsystem ausgewechselt werden. Man schaltet bei diesem Vorgang auf By pass, d.h. der Weg A wird unterbrochen und auf Weg D abgelenkt. Ein Motor versenkt das Quarzröhrchen im Scanner, wobei die Geschwindigkeiten 0,5 cm/min., 1 cm/min. und 2 cm/min. möglich sind. Auf diese Weise werden segmentförmig alle Kohlenstoffverbindungen auf der Kieselgelschicht zu CO_2 und kurzkettigen organischen Verbindungen oxidiert. Im Kupferofen sind 650° C erforderlich, um diese Verbindungen zu 99,99 % in CO_2 umzuwandeln. Im nachgeschalteten Nickelofen wird das gebildete Kohlendioxyd bei 500° C mittels Wasserstoff (Weg C) zu Methan reduziert. Als Brenngase für den FID (= Flame ionisation detector) dienen Luft (Weg B) und Wasserstoff (Weg C). Die C-Atome, die in Form von Methan zum FID

gelangen, erzeugen ein Signal, das zum nachgeschalteten Elektrometer geleitet wird. Dort kann das Signal beliebig verstärkt oder abgeschwächt werden und erzeugt eine dem Kohlenstoffgehalt der Substanz proportionale Schreiberablenkung.

2.4 Eichkurven

2.4.1 R_f-Wert

Der R_f-Wert gibt die Entfernung zwischen dem Peak einer bestimmten Substanz und dem Peak der Lösungsmittelfront in cm an. Jede Substanz hat ihren charakteristischen R_f-Wert, der durch die Bestimmung von Standardlösungen der zu untersuchenden Substanzen ermittelt wird. Im folgenden sind Entfernung, Mittelwert und Standardabweichung bei Mehrfachmessung mit Standardsubstanzen angegeben.

Lecithin 11 Messungen, Entfernung (cm) zur Lösungsmittelfront: 11.7, 12.0, 12.0, 12.0, 13.1, 12.1, 12.0, 12.2, 12.0, 12.1, 12.2.

Mittelwert = 12.1 cm, Standardabweichung = 0.36.

Sphingomyelin 8 Messungen, Entfernung (cm) zur Lösungsmittelfront: 13.2, 14.2, 13.7, 13.4, 13.8, 13.2, 13.4, 13.7.

Mittelwert = 13.6 cm, Standardabweichung = 0.36.

Triglyceride 8 Messungen, Entfernung (cm) zur Lösungsmittelfront: 1.0, 1.2, 1.2, 1.3, 1.3, 1.0, 1.0, 1.2.

Mittelwert = 1.15, Standardabweichung = 0.13.

Die Identifizierung der einzelnen Substanzen bereitet wegen der geringen Abweichung keine Schwierigkeit. Das Phospholipidmuster in den einzelnen Lipoproteinfraktionen ist eindeutig.

2.4.2 Flächenwerte

Zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen eingesetzter Substanzmenge und entsprechendem Flächeninhalt des Peaks verwendet man die Reinsubstanz. Man stellt aus der Substanz eine Verdünnungsreihe her und vergleicht damit die verschiedenen Flächeninhalte der Peaks. Interessiert nur das relative Verhältnis der einzelnen Phospholipidkomponenten zueinander, kann an Stelle der Reinsubstanz auch ein Substanzgemisch verwendet werden. Substanzverluste während des Arbeitsablaufes führen zu keiner Verfälschung der Ergebnisse, da sich die Anteile der Phosphatidfraktionen zueinander nicht ändern.

Standardbestimmung am Beispiel der HDL der Versuchsperson F vom 1.2.1978

Messung	Lecithin	Sphingomyelin	Lysolecithin
1	87.7	9.6	2.7
2	86.8	10.9	2.3
3	89.1	7.8	3.1
4	89.7	8.0	2.3
5	87.4	9.0	3.6
6	87.3	8.9	3.8
7	88.7	9.6	1.7
8	88.2	9.3	2.5
Mittelwert	88.1	9.1	2.8
S.E.	0.93	0.92	0.66

Die Genauigkeit der Bestimmung vermindert sich mit der aufgetragenen Substanzmenge. Die größte Phospholipidfraktion Lecithin hat die geringste S.E. von 1.05 % vom Mittelwert. Die Werte für Sphingomyelin liegen bei 10,1 % und die für Lysolecithin bei 23,5 %. Aus der Literatur bekannte Standardabweichungen sind am niedrigsten für

Lecithin und am höchsten für Lysolecithin (30, 32, 37).

2.5. Die Lipoproteinfraktionen

Die Isolierung der einzelnen Lipoproteinfraktionen des Serums erfolgt mittels Ultrazentrifugation bei verschiedenen Dichten mit der von Pedersen (26), Lindgren et al (21) und Havel et al (18)angegebenen Methode. Man erhält folgende drei Fraktionen:

1. Die very-low-density lipoproteins = VLDL mit einer Dichte kleiner 1.006
2. Die low-density lipoproteins = LDL mit einer Dichte zwischen 1.006 und 1.063
3. Die high-density lipoproteins = HDL mit einer Dichte größer 1.063.

2.6 Lipoidextrakt nach Sperry

2.6.1 Extraktion

1 ml Serum wird in einem 25 ml Meßkolben zu 8,3 ml Methanol getropft. Während des Zutropfens schüttelt man den Kolben vorsichtig, um eine möglichst feine Fällung der Proteine zu erreichen. Nach Zugabe von 9 ml Chloroform wird im Wasserbad zum Siedepunkt erhitzt. Nach dem Abkühlen füllt man mit Chloroform zur 25 ml Marke auf und mischt durch zehnmaliges Umkippen.

2.6.2 Reinigung

Den Extrakt filtriert man schnell, um Verdunstung zu vermeiden, durch ein weiches Faltenfilter (z.B. Schleicher-Schüll 2329 oder 604). Vom Filtrat pipettiert man sofort 2o ml in einen 25 ml Schüttelzylinder, gibt 8 ml 0,02 %ige $CaCl_2$-Lösung dazu und schüttelt 1 min. kräftig. Die Phasentrennung

erfolgt binnen 24 Stunden. Das Volumen der Chloroformphase wird notiert, die obere Phase mit feiner Kapillare abgesaugt und verworfen.

2.6.3 Einengen

Die Chloroformphase wird auf dem Rotationsverdampfer bis zur Trockne eingeengt und anschließend in 1 ml Chloroform aufgenommen. Man kann beliebig einengen bis etwa 0,1 ml um die günstigste Konzentration für den weiteren Arbeitsablauf zu erreichen. Eine Auftragsmenge von 5 Mikroliter ergab bei unseren Bestimmungen die besten Resultate.
Die beim Formeldiätversuch je Bestimmung eingesetzte Chloroformphase betrug in der VLDL 15 ml, in der LDL 10 ml und in der HDL 25 ml.

2.7 Formeldiät

Sechs gesunde junge Frauen erhielten in Zweiergruppen drei verschiedene Formeldiäten über jeweils 2 Wochen. Die Zuteilung zu den Formeldiäten war für jede Zweiergruppe verschieden (Tab.1).

2.7.1 Zusammensetzung der Formeldiäten

Formeldiät I enthielt 15 Energieprozent Eiweiß und 85 Energieprozent Kohlenhydrate (Abb. 3).
Formeldiät II und III enthielten 15 Energieprozent Eiweiß, 55 Energieprozent Kohlenhydrate und 30 Energieprozent Fett. Der Fettanteil war bei den Formeldiäten verschieden (Abb.3, Tab. 2). Das Fettgemisch der Formeldiät II enthielt 47,5 % einfach ungesättigte, 17 % mehrfach ungesättigte und 35,5 % gesättigte Fettsäuren (Tab. 3). Mit 2200 kcal der Formeldiät II wurden 1o g Linolsäure zugeführt.
Das Verhältnis von mehrfach ungesättigten zu gesättigten Fettsäuren, der P/S Quotient, betrug 0,47.

Mit 2200 kcal der Formeldiät III wurden 50 g Linolsäure zugeführt, der P/S Quotient betrug 11,14. 2200 kcal jeder Formeldiät enthielten zusätzlich 500 g H_2O, 5 g NaCl, 3 g KCl und 0,6 g Cholesterin. Während der Versuchsdauer war kalorienfreie Flüssigkeit wie Tee oder Kaffee in beliebiger Menge erlaubt. Jeden Tag wurde ein Vitaminpräparat (Multibionta ^{R}) verabreicht. Täglich wurden Gewichtskontrollen durchgeführt. Die Phosphatidfraktion wurde aus Blutentnahmen am 1.2.78 (Ausgangswert), am 15.2.78, am 1.3.78, am 15.3.78 (Versuchsende) und als Nachkontrolle am 1o.5.78 jeweils nach 16-stündiger Nahrungskarenz um 9 h morgens bestimmt.

3. ERGEBNISSE

3.1 VLDL

3.1.1 Prozentuale Änderung der Einzelwerte (Abb. 1-15)

Die Ausgangswerte in Prozent unterschieden sich bei vier Personen nur geringfügig von den Ergebnissen der Nachkontrolle. Die Nachkontrollwerte der Versuchsperson A und D lagen für Lecithin deutlich niedriger, für Sphingomyelin und Lysolecithin waren sie entsprechend höher. Die relativen Lecithinwerte der Versuchspersonen A und B stiegen bei kohlenhydratreicher Formeldiät I an, fielen bei Formeldiät II (P/S-Quotient 0,47) auf die Ausgangswerte zurück und sanken unter Formeldiät III (P/S-Quotient 11,14) deutlich. Bei den Versuchspersonen C und D änderten sich die relativen Lecithinwerte unter Formeldiät I nicht. Unter Formeldiät II erhöhte sich der Lecithinanteil und sank unter Formeldiät III um denselben Prozentsatz wieder auf den Ausgangswert. Die relativen Lecithinwerte der Versuchspersonen E und F fielen unter kohlenhydratreicher Formeldiät I, waren unter Formeldiät II etwas höher und erreichten unter Formeldiät III wieder den Ausgangswert. Die relativen Sphingomyelinwerte änderten sich den Lecithinwerten entgegengesetzt. Die prozentualen Veränderungen blieben beim Lysolecithin unterhalb auswertbarer Grenzen.

3.1.2 Absolute Änderung der Einzelwerte (Abb. 16-27, Tab. 4,7)

Die Absolutwerte für Lecithin lagen bei allen sechs Versuchspersonen bei der Nachkontrolle niedriger als zu Versuchsbeginn. Die absoluten Sphingomyelin- und Lysolecithinmengen sanken ebenfalls deutlich. Die hohen Ausgangswerte für Lecithin bei den Ver-

suchspersonen A, D, E sanken unter der kohlenhydratreichen Formeldiät I und fielen unter Fettgemischdiät II noch deutlich ab. Unter Formeldiät III erfolgte bei den Versuchspersonen D und E ein geringer und bei Versuchsperson A ein deutlicher Anstieg der absoluten Lecithinmenge. Niedrige Lecithinausgangswerte bei den Versuchspersonen B, C und F zeigten unter Formeldiät I einen deutlichen Anstieg, der sich unter Formeldiät II nur bei Versuchsperson F leicht fortsetzte. Die Lecithinwerte der Versuchspersonen B und C fielen dagegen deutlich ab. Formeldiät III bewirkte geringe, aber uneinheitliche Veränderungen. Die absoluten Werte für Sphingomyelin und Lysolecithin veränderten sich wie die Lecithinwerte, jedoch mit deutlich geringerem Ausmaß.

3.2 LDL

3.2.1 Prozentuale Änderung der Einzelwerte (Abb. 28-39)

Die relativen Lecithinwerte waren bei der Nachkontrolle gegenüber dem Versuchsbeginn bei den Versuchspersonen A und D deutlich höher, bei Versuchsperson B unverändert und bei den Versuchspersonen C, E und F niedriger. Die relativen Sphingomyelinwerte verhielten sich dem Lecithin entgegengesetzt. Die Prozentwerte für Lysolecithin waren sowohl im zeitlichen Ablauf des Ernährungsexperimentes wie auch nach der einzelnen Formeldiät nur unwesentlich verändert. Die relativen Lecithinwerte der Versuchspersonen B, C, E und F sanken unter kohlenhydratreicher Formeldiät I, veränderten sich unter Formeldiät II geringfügig und fielen unter Formeldiät III ab. Bei Versuchsperson A mit sehr niedrigem Ausgangswert stieg der prozentuale Lecithinanteil unter

den Formeldiäten I, II und III jeweils gering an. Der ebenfalls sehr niedrige relative Lecithinausgangswert der Versuchsperson D stieg unter Formeldiät I deutlich, sank unter Fettgemischdiät II leicht und erreichte unter Formeldiät III den Ausgangswert. Die relativen Sphingomyelinwerte änderten sich den Lecithinwerten entgegengesetzt. Die prozentualen Veränderungen der Lysolecithinwerte waren unbedeutend.

3.2.2 Absolute Änderung der Einzelwerte (Abb.4o-51,Tab.5,8)
Die Absolutwerte für Lecithin lagen bei fünf Versuchspersonen bei der Nachkontrolle niedriger als zu Versuchsbeginn. Die Lecithinwerte der Versuchsperson A waren erhöht. Die Sphingomyelinmengen sanken ebenfalls deutlich bei fünf Versuchspersonen und stiegen nur bei Versuchsperson C an. Die absoluten Lysolecithinwerte waren nicht wesentlich verändert. Die absoluten Lecithinwerte fielen bei allen Versuchspersonen unter kohlenhydratreicher Formeldiät I deutlich ab, stiegen unter Fettgemischdiät II wieder leicht an, um unter Formeldiät III erneut stark abzusinken. Die in der LDL-Fraktion sehr hohen Sphingomyelinwerte folgten im wesentlichen den Veränderungen der Lecithinwerte. Nur bei den Versuchspersonen E und F erhöhten sich unter Formeldiät I die Absolutwerte für Sphingomyelin. Die sehr geringen Lysolecithinmengen veränderten sich nur unwesentlich.

3.3 HDL

3.3.1 Prozentuale Änderung der Einzelwerte (Abb. 52-63)
Die relativen Lecithinwerte waren bei der Nachkontrolle gegenüber dem Versuchsbeginn bei den Versuchspersonen A, B, C und E deutlich höher, bei Versuchsperson D unverändert und tiefer bei Versuchsperson F mit ihren sehr hohen Ausgangswerten.

Die relativen Sphingomyelin- und Lysolecithinwerte verhielten sich dem Lecithin entgegengesetzt. Die relativen Lecithinwerte der Versuchspersonen A und B stiegen unter kohlenhydratreicher Formeldiät I an und sanken unter Formeldiät II und Formeldiät III wieder leicht ab. Bei den Versuchspersonen C und D erhöhte sich der relative Lecithinanteil unter Formeldiät I und II kontinuierlich und fiel unter Formeldiät III wieder ab. Die kohlenhydratreiche Formeldiät I führte bei Versuchsperson E zu einem Anstieg und bei Versuchsperson F zu einem Abfall der relativen Lecithinwerte. Unter Fettgemischdiät II sanken die prozentualen Lecithinmengen bei den Versuchspersonen E und F und stiegen unter Formeldiät III wieder leicht an. Die relativen Sphingomyelin- und Lysolecithinwerte verhielten sich dem Lecithin entgegengesetzt.

3.3.2 Absolute Änderung der Einzelwerte (Abb. 64-75, Tab. 6, 9)

Die Absolutwerte für Lecithin lagen bei den Versuchspersonen B, C, D und E bei der Nachkontrolle höher als zu Versuchsbeginn, dagegen die der Versuchspersonen A und F niedriger. Die Nachkontrollwerte für Sphingomyelin waren bei den Versuchspersonen A, B und C tiefer, bei Versuchsperson D höher und bei den Versuchspersonen E und F gleichbleibend. Die Absolutwerte für Lysolecithin waren unverändert oder niedriger. Die absoluten Lecithinwerte sanken bei den Versuchspersonen A, B, C, D und F unter kohlenhydratreicher Formeldiät I und stiegen unter Formeldiät II wieder an. Bei Versuchsperson E mit sehr niedrigem Ausgangswert, der wahrscheinlich zu niedrig bestimmt worden war, erhöhte sich der absolute Lecithinwert unter Formeldiät I und fiel unter Formeldiät II ab. Die absoluten Lecithinmengen

nahmen bei allen sechs Versuchspersonen unter Formeldiät III deutlich ab. Die absoluten Sphingomyelinwerte sanken bei allen Versuchspersonen unter kohlenhydratreicher Formeldiät I und stiegen unter Fettgemischdiät II wieder an. Dieser Anstieg setzte sich bei den Versuchspersonen C und D unter Formeldiät III fort; bei den Versuchspersonen A, B, E und F fielen die absoluten Sphingomyelinwerte wieder ab. Die absoluten Lysolecithinwerte sanken unter Formeldiät I ab. Unter Fettgemischdiät II waren die Lysolecithinmengen bei den Versuchspersonen A und B unverändert, bei den Versuchspersonen C und D niedriger und bei den Versuchspersonen E und F höher. Die absoluten Lecithinwerte stiegen bei den Versuchspersonen A und B unter Formeldiät III an, waren bei den Versuchspersonen C und D unverändert und fielen bei den Versuchspersonen E und F ab.

4. DISKUSSION

4.1 Vergleich der einzelnen Ausgangswerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin mit Ergebnissen anderer Untersuchungen

4.1.1 VLDL (Tab. 10, 11)

In der VLDL-Fraktion sind 18 % Phosphatide enthalten (9). Die quantitative Bestimmung von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin ist wegen der geringen Substanzmengen schwierig (18). Das Vorhandensein von Lysolecithin wurde überhaupt erst durch die Forschungsarbeit von Phillips (28) bewiesen. Bei allen Autoren (Tab. 10, 11) läßt sich eine große Streubreite der Werte feststellen, die die relativen, besonders aber die absoluten Werte betrifft. Diese Tatsache spricht entweder für einen raschen Stoffwechsel oder für methodische Schwierigkeiten in der VLDL-Fraktion. Stoffwechselbeziehungen zu Chylomikronen und der LDL-Fraktion sind aus der Literatur bekannt (16). Beim Vergleich der relativen Phosphatidwerte muß man berücksichtigen, daß in dieser Arbeit die Werte für Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin zusammen als 100 % gerechnet wurden. Die anderen Autoren berücksichtigten auch die kleineren Phosphatidfraktionen wie Phosphatidylinositol, Phosphatidylserin, Phosphatidyläthanolamin. Dadurch ergaben sich für die drei großen Phosphatidkomponenten entsprechend verminderte Prozentwerte. Die exzessiv hohen Absolutwerte in den Untersuchungen von Nelson und Freeman (24) lassen sich durch die kurze Zeitspanne von 3 Stunden zwischen Nahrungszufuhr und Blutentnahme

kaum in der VLDL-Fraktion, sicher aber nicht in der LDL-Fraktion erklären. Bei allen anderen Versuchen war eine mindestens 12-stündige Fastenperiode vorausgegangen. Untersuchungen an Frauen (35), wie sie auch in unserem Formeldiätexperiment durchgeführt wurden, ergaben keine Unterschiede im Vergleich zu Studien an gemischten Versuchsgruppen (24, 30).

4.1.2 LDL (Tab. 12, 13)

In der LDL-Fraktion sind 23 % Phosphatide enthalten (9). Die absoluten Mengen von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin liegen um das 3-4-fache höher als in der VLDL-Fraktion (18). Die quantitative Bestimmung ist einfacher und genauer. Die Streubreite ist bei den Absolutwerten deutlich geringer. Beim Vergleich der relativen Phosphatidwerte mit der gegenwärtigen Studie muß man wie bei der VLDL-Fraktion berücksichtigen, daß die Prozentwerte der anderen Autoren um ca. 5 % niedriger liegen. Die Phosphatidwerte in der Studie von Choksey und Fosbrooke (7) zeigten keine nennenswerten Abweichungen gegenüber den anderen Arbeiten (24, 35), obwohl die Untersuchungen an Kindern vorgenommen worden waren.

4.1.3 HDL (Tab. 14, 15)

Die HDL-Fraktion beinhaltet mit 30 % den größten Phosphatidanteil von allen Lipoproteinfraktionen (9). Die absoluten Mengen von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin liegen um das 1,5-2-fache höher als in der LDL-Fraktion und um das 5-7-fache höher als in der VLDL-Fraktion (18). Die Streubreite der Absolutwerte ist ungefähr dieselbe wie

in der LDL-Fraktion. Die gegenwärtige Studie bezeichnet als HDL nicht nur die Lipoprotein-fraktion der Dichteklasse 1.063 - 1.21, sondern alle Lipoproteine mit spezifischer Dichte größer als 1.063. Die Lipoproteine mit einer spezifischen Dichte über 1.21 werden von anderen Autoren (30, 33) auch als pre-alpha oder very-high-density Lipoproteine bezeichnet, sind quantitativ unbedeutend, besitzen aber einen besonders hohen Anteil an Lysolecithin (30). Auch andere Autoren (29, 30, 35) bezeichnen als HDL-Fraktion die Dichteklasse D größer 1.063. Nur die Ergebnisse von Choksey und Fosbrooke (7) beziehen sich auf den Bereich der Dichteklasse 1.063 - 1,21. Erhöht man die Prozentwerte der anderen Autoren (7, 29, 30, 35) um ca. 5 %, entsprechend dem Anteil der nicht berücksichtigten kleinen Phospholipid-fraktionen, so stimmen sie mit den Ergebnissen des Formeldiätversuchs gut überein.

4.2 Vergleich der mittleren Ausgangswerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin mit Ergebnissen anderer Untersuchungen

4.2.1 VLDL (Tab. 16, 17)

Die relativen Mittelwerte für Lecithin ergeben große Unterschiede zwischen den einzelnen Autoren. Bei den Sphingomyelin- und Lysolecithinwerten sind die Abweichungen nur geringfügig. Robinson und Phillips (32) stellten fest, daß die dünnschicht-chromatographische Trennung der Phosphatide für Sphingomyelin die besten Resultate ergibt. Die Ursache dafür ist die deutliche Abgrenzung des Sphingomyelin auf der Dünnschicht. Um vergleichbar zu sein, müssen die relativen Mittelwerte der

Autoren (24, 3o, 35), wie bereits begründet, um ca. 5 % erhöht werden. Als die Ursache für die hohen Absolutwerte der Untersuchung von Nelson und Freeman (24) könnte, wie bei den Einzelwerten in der VLDL-Fraktion festgestellt, die postprandiale Blutabnahme diskutiert werden. Die absoluten Sphingomyelin- und Lysolecithinmengen zeigen zur gegenwertigen Studie nur geringfügige, die Lecithinmengen größere Abweichungen.

4.2.2 LDL (Tab. 18, 19)

Die relativen Mittelwerte sind bei den Autoren (7, 24, 35) ebenfalls um etwa 5 % zu erhöhen und unterscheiden sich nur geringfügig untereinander und von der gegenwärtigen Studie. Gegenüber der VLDL-Fraktion sind die Mittelwerte für Lecithin und Lysolecithin prozentual erniedrigt, für Sphingomyelin deutlich erhöht (7, 35). Die absoluten Mittelwerte zeigen für Lecithin und Lysolecithin nur geringe Abweichungen und liegen bei Sphingomyelin innerhalb einer Schwankungsbreite von weniger als 2 mg / 100 ml. Die hohen Relativwerte für Sphingomyelin drücken sich in den Absolutwerten noch deutlicher aus, während die Lysolecithinmengen gering sind.

4.2.3 HDL (Tab. 20, 21)

Die relativen Mittelwerte für Lecithin und Sphingomyelin zeigen nur geringe Abweichung, wenn man die unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen berücksichtigt. Die hohen Lysolecithinwerte in dieser Lipidfraktion zeigen bei den einzelnen Untersuchern größere Unterschiede (27, 29, 35). Die absoluten Lecithinmengen sind etwa doppelt so groß

wie in der LDL-Fraktion und zeigen eine stärkere Streuung. Die absoluten Mittelwerte für Sphingomyelin sind denen in der LDL-Fraktion vergleichbar, weichen aber etwas stärker voneinander ab. Gillet und Besterman (12) fanden bei den Frauen geringere Lysolecithinwerte als bei den Männern. Die Untersuchung von Skipski (35) und unsere Ergebnisse, bei denen nur Frauen untersucht wurden, unterstützen diese Aussage. Die absoluten Mittelwerte für Lysolecithin sind in diesen Untersuchungen niedriger als bei den anderen Autoren (7, 29).

4.3 Relative und absolute Änderung der Mittelwerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin unter drei verschiedenen Formeldiäten im Vergleich mit Ergebnissen anderer Untersuchungen

4.3.1 VLDL (Abb. 76 - 79)

Der prozentuale Anteil der Lecithinfraktion liegt bei der Nachkontrolle im Mittel unter den Ausgangswerten, die relativen Sphingomyelinwerte sind gering höher, während sich der prozentuale Anteil des Lysolecithin verdoppelt. Unter der kohlenhydratreichen Formeldiät I steigt der relative Lecithinanteil in der VLDL-Fraktion und erreicht unter Fettgemischdiät II den höchsten Prozentsatz. Formeldiät III senkt den relativen Lecithinanteil. Gijone et al (11) erzielten ähnliche Resultate bei Diätversuchen mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Die Sphingomyelin- und Lysolecithinanteile verändern sich dem Lecithin entgegengesetzt.

Die mittleren absoluten Nachkontrollwerte für Lecithin und Sphingomyelin liegen deutlich unter den Ausgangswerten. Die mittlere Konzentration

von Lysolecithin ist im Vergleich zum Nachkontrollwert verdoppelt. Formeldiät I ändert die absoluten Lecithin- und Sphingomyelinmengen in der VLDL-Fraktion nicht, senkt aber den Lysolecithingehalt. Unter Formeldiät II fallen die Absolutwerte bei allen Phospholipidfraktionen deutlich ab, z.B. bei Lecithin von 12 mg auf 4 mg. Formeldiät III erhöht die Werte leicht. Sie liegen aber deutlich unter den Ausgangswerten. Gordon et al (14) führten Versuche mit hohen P/S Quotienten in der Nahrung durch und erhielten vergleichbare Ergebnisse.

4.3.2 LDL (Abb. 80 - 83)

Die mittleren relativen Nachkontrollwerte sind bei allen drei Phosphatidfraktionen gegenüber den Ausgangswerten unverändert. Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin verhalten sich im zeitlichen Ablauf wie in den Versuchen von Wolfram (41) und Wolfram und Wegehaupt (42). Dort war unter fettarmer, glucosereicher Diät der relative Lecithinanteil gesunken und nach etwa zwei Wochen wieder langsam bis zum Ausgangswert gestiegen. Sphingomyelin und Lysolecithin hatten sich entgegengesetzt verhalten. Unter fettarmer, kohlenhydratreicher Formeldiät I fallen Lecithin und Lysolecithin relativ ab, Sphingomyelin steigt prozentual an (44). Fettgemischdiät II senkt den Lecithinanteil weiter und erhöht die Prozentwerte für Sphingomyelin und Lysolecithin. Formeldiät III verändert die relativen Phosphatidwerte nicht wesentlich.

Die mittleren absoluten Nachkontrollwerte liegen bei Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin deutlich unter den Ausgangswerten. Unter der kohlenhydrat-

reichen Formeldiät I fallen die Absolutwerte der drei Phosphatidkomponenten in der LDL-Fraktion deutlich ab. Darin ergibt sich Übereinstimmung mit den Forschungsarbeiten von Zöllner et al (44), Wolfram (41) und Wolfram und Wegehaupt (42). Fettgemischdiät II erhöht die Absolutmengen von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin. Unter Formeldiät III mit dem hohen P/S Quotienten von 11,14 fallen alle Absolutwerte deutlich ab (1, 11, 22).

4.3.3 HDL (Abb. 84 - 87)

Die mittleren relativen Nachkontrollwerte für Lecithin liegen über den Ausgangswerten, für Sphingomyelin und Lysolecithin aber sind sie niedriger. Unter Formeldiät I steigt der relative Lecithinanteil in der HDL-Fraktion. Die Prozentzahlen für Sphingomyelin und Lysolecithin sinken. Fettgemischdiät II senkt den prozentualen Lecithin- und Lysolecithinanteil; Sphingomyelin nimmt relativ zu. Unter Formeldiät III fallen die Prozentzahlen für Lecithin weiter ab, für Sphingomyelin und Lysolecithin steigen sie an.

Die mittleren absoluten Nachkontrollwerte für Sphingomyelin und Lysolecithin liegen unter den Ausgangswerten, für Lecithin sind sie leicht erhöht. Unter der kohlenhydratreichen Formeldiät I fallen die Absolutwerte der drei Phosphatidkomponenten in der HDL-Fraktion deutlich ab (41, 42, 44). Fettgemischdiät II erhöht die Absolutmengen von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin. Unter Formeldiät III fallen alle Absolutwerte deutlich ab (1, 11, 14, 22). Über ein Ansteigen der HDL-Phosphatide unter Diäten mit hohem P/S Quotienten berichtet Shepherd (33).

5. ZUSAMMENFASSUNG

Sechs gesunde, weibliche Versuchspersonen erhielten jeweils 2 Wochen lang drei verschiedene Formeldiäten, wobei die Zuteilung zu den Formeldiäten in Zweiergruppen unterschiedlich war. Formeldiät I war fettfrei, der Eiweißgehalt war mit 15 % der Nahrungsenergie bei allen Formeldiäten gleich. Formeldiät II und III hatten einen Fettanteil von 3o %. Der P/S Quotient war bei Formeldiät II 0,47 und bei Formeldiät III 11,14. Die relativen und absoluten Konzentrationen von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin wurden in den Lipoproteinfraktionen VLDL, LDL und HDL mittels tubulärer Dünnschichtchromatographie bestimmt. Der prozentuale Anteil des Lecithin an den gesamten Phosphatiden nahm in der LDL- und HDL-Fraktion mit steigendem P/S Quotienten ab. Auch die absoluten Lecithinmengen nahmen beim Übergang von herkömmlicher Kost auf die fettfreie Formeldiät deutlich ab. Die Formeldiät II mit einem Fettanteil von 3o % ließ die Lecithinkonzentrationen wieder etwas ansteigen. Die niedrigsten Werte wurden in der LDL- und HDL-Fraktion unter Formeldiät III gemessen. Die Lecithinwerte in der VLDL-Fraktion blieben unter Formeldiät I unverändert und sanken unter Formeldiät II auf weniger als die Hälfte des Ausgangswertes ab. Unter Formeldiät III nahm das Lecithin in der VLDL-Fraktion wieder gering zu. Die relativen Sphingomyelin- und Lysolecithinwerte änderten sich dem Lecithin entgegengesetzt, während die absoluten Konzentrationen ein ähnliches Verhalten wie die Lecithinfraktion zeigten.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1) Adam, O., Wolfram, G. und Zöllner, N.: Quantitative Bestimmung der Phospholipidfraktionen im Serum mittels tubulärer Dünnschichtchromatographie. Der Einfluß verschiedener Formeldiäten auf die Phosphatidfraktion im Serum. Fette Seifen Anstrichmittel 11: 436, 1978

2) Arntzenius, A.C., van Gent, C.M., van der Voort, H., Stegerhoek, C.I. and Styblo, K.: Reduced high density lipoprotein in women aged 40-41 during oral contraceptives. Consultation Bureau Heart Project. Lancet 1: 1221-1223, 1978

3) Blum, C.B., Levy, R.I., Eisenberg, S., Hall, M.III, Goebel, R.H. and Berman, M.: High density lipoprotein metabolism in man. J.clin.invest. 60: 795-807, 1977

4) Böttcher, C.J.F. and Woodford, F.P.: Lipid and fatty-acid composition of plasma lipoproteins in cases of aortic atheroscleroso. J. atheroscler. res. 1: 434-443, 1961

5) Castelli, W.P., Gordon, T., Hjortland, M.C., Kagan, A., Doyle, J.T., Hames, C.G., Hulley, S.B. and Zukel, W.J.: Alcohol and blood lipids. The cooperative lipoprotein phenotyping study. Lancet 2: 153-155, 1977

6) Chin, H.P.: The sphingomyelin content of human serum. A genetic study. Biochim. Biophys. Acta 152: 346-352, 1968

7) Choksey, S. and Fosbrooke A.: Serum phospholipids in children with familial hypercholesterolaemia. Clin. Chim. Acta 47: 93-96, 1973

8) Cornwell, D.G., Kruger, F.A., Hamwi, G.J. and Brown, J.B.: Studies on the characterization of human serum lipoproteins separated by ultrazentrifugation in a density gradient. I. Serum lipoproteins in normal, hyperthyroid and hypercholesterolemic subjects. Amer. J.nutr. 9: 24-40, 1961

9) Fox, J.M.: A glossary of essential phospholipids, lipids and lipoproteins. In: Phosphatidylcholine, p. 3-7, H. Peeters, ed. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1976

10) Fredrickson, D.S., Levy, R.I. and Lees, R.S.: Fat transport in lipoproteins - an integrated approach to mechanisms and disorders. New Engl. J.Med. 276: 34-44, 94-103, 148-156, 215-225, 273-281, 1967

11) Gijone, E., Nordoy, A., Blomhoff, J.P. and Wiencke, I.: The effects of unsaturated and saturated dietary fats on plasma cholesterol, phospholipids and lecithin: cholesterol acyltransferase activity. Acta med. Scand. 191: 481-484, 1972

12) Gillett, M.P.T. and Besterman, E.M.M.: Plasma concentrations of lysolecithin and other phospholipids in the healthy population and in men suffering from atherosclerotic diseases.

Atherosclerosis 22: 111-124, 1975

13) Goldbourt, U. and Medalie, J.H.: Characteristics of smokers, non-smokers and ex-smokers among 10 000 adult males in Israel. Amer.J. Epidem. 105: 75-86, 1977

14) Gordon, D.T. Pitas, R.E. and Jensen, R.G.: Effects of diet and type IIa hyperlipoproteinemia upon structure of triacylglycerols and phosphatidylcholines from human plasma lipoproteins. Lipids 10: 270-283, 1975

15) Gordon, T., Castelli, W.P., Hjortland, M.C., Kannel, W.B. and Dawber, T.R.: High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. The Framingham Study. Amer. J. Med. 62: 707-714, 1977

16) Gustafson, A.: Studies on human serum very low density lipoproteins. Acta med. Scand. Suppl. 446: 1-44, 1966

17) Gustafson, A. and Svanborg, A.: Gonadal steroid effects on plasma lipoproteins and individual phospholipids. Endocrinology 35: 203, 1972

18) Havel, R.J., Eder, H.A. and Bragdon, J.H.: The distribution and chemical composition of ultracentrifugally separated lipoproteins in human serum. J. clin. invest. 34: 1345 - 1353, 1955

19) Johansson, B.G. and Laurell, C.B.: Disorders

of the serum alpha-lipoproteins after alcoholic intoxication. Scand. J. clin. lab. invest. 23: 231-233, 1969

20) Karlson, P.: Phospholipide, Glykolipide und Membranen. In: Kurzes Lehrbuch der Biochemie S. 211-222, P. Karlson, ed., Thieme Verlag Stuttgart 1974

21) Lindgren, F.T., Elliot, H.A. and Gofman, J.W.: The ultracentrifugal characterization and isolation of human blood lipids and lipoproteins, with applications to the study of atherosclerosis. J. phys. coll. chem. 55: 80, 1951

22) Mertz, D.P., Wobbe, H.D., Berger, A. and Goehmann, E.: Veränderungen der Serumlipidwerte nach Umstellung auf eine " vernünftige Diät " Med. Klin. 72: 47-54, 1977

23) Mukherjee, K.D., Spaans, H. and Haahti, E.: New methods for detection and quantification in thin-layer chromatography. A study of pyrolysis and combustion systems. J. chromatog. sci.10: 193-200, 1972

24) Nelson, G.J. and Freeman, N.K.: The phospholipid and phospholipid fatty acid composition of human serum lipoprotein fractions. J. Biol. Chem. 235: 578-583, 196o

25) Nye, W.H.R. and Waterhouse, C.: The phosphatides of human plasma. II. Abnormalities encountered in the nephrotic syndrome.

J. clin. invest. 40: 1202-1207, 1961

26) Pedersen, K.O.: On a low density lipoprotein appearing in normal human plasma. J. phys. coll. chem. 51: 156, 1947

27) Peeters, H.: The biological significance of the plasma phospholipids. In: Phosphatidylcholine, p. 10-33, H. Peeters, ed., Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1976

28) Phillips, G.B.: The isolation of lysolecithin from human serum. Proc. Nat. Acad. Sci. US 43: 566, 1957

29) Phillips, G.B.: The phospholipid composition of human serum lipoprotein fractions separated by ultracentrifugation. J. clin. invest. 38: 489-493, 1959

30) Phillips, G.B. and Wille, L.E.: The phospholipid composition of human serum lipoprotein fractions separated by electrophoresis on agarose gel. Demonstration of a fraction with high lysolecithin content. Clin. Chim. Acta 49: 153-160, 1973

31) Reckless, J.P.D., Betteridge, D.J., Wu, P., Payne, B. and Galton, D.J.: High density and low density lipoproteins and prevalence of vascular disease in diabetes mellitus. Brit. med. J. 1: 883-886, 1978

32) Robinson, N. and Phillips, B.M.: Quantitative thin-layer chromatography of serum phospholipids. Clin. Chim. Acta 8: 385-392, 1963

33) Shepherd, J., Packard, C.J., Patsch, J.R., Gotto, A.M.jr. and Taunton, O.D.: Effects of dietary polyunsaturated and saturated fat on the properties of high density lipoproteins and the metabolism of apolipoprotein A-1. J. clin. invest. 61: 1582-1592, 1978

34) Skipski, V.P., Peterson, R.F. and Barclay, M.: Quantitative analysis of phospholipids by thin-layer chromatography. Biochem. J. 90: 374-378, 1964

35) Skipski, V.P., Barclay, M., Barclay, R.K., Fetzer, V.A., Good, J.J. and Archibald, F.M.: Lipid composition of human serum lipoproteins. Biochem. J. 104: 340-352, 1967

36) Smith, E.B.: Lipids carried by S_f 0-20 lipoprotein in normal and hypercholesterolaemic serum. Lancet 2: 530-534, 1962

37) Svanborg, A. and Vikrot, O.: Plasma lipid fractions, including individual phospholipids, at various stages of pregnancy. Acta med. Scand. 178/5: 615-630, 1965

38) Wagner, H.: Neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der Isolierung und Analytik von Phosphatiden und Glykolipiden. Fette Seifen Anstrichmittel 62: 1115-1117, 1960

39) Wagner, H., Hörhammer, L. und Wolff, P.: Dünnschichtchromatographie von Phosphatiden und Glykolipiden. Biochem. Z. 334: 175-184, 1961

40) Wilson, D.E. and Lees, R.S.: Metabolic relationships among the plasma lipoproteins - reciprocal changes in the concentration of very low and low density lipoproteins in man. J. clin. invest. 51: 1051-1057, 1972

41) Wolfram, G.: Änderungen der Phosphatidfraktionen im Serum unter fettreicher oder fettarmer Formeldiät. Int. J. clin. Pharmacol., Beiheft Fettstoffwechsel: 69-71, 1969

42) Wolfram, G. und Wegehaupt, H.: Die Phosphatidfraktionen im Serum unter einer fettarmen, glucosereichen Diät. Verh. d. Dt. Ges. f. Inn. Med. 75: 903-906, J. F. Bergmann, Herausg., München, 1969

43) Wood, P.D., Haskell, W., Klein, H., Lewis, S., Stern, M.P. and Farquhar, J.W.: The distribution of plasma lipoproteins in middle-aged male runners. Metabolism 25: 1249-1257, 1976

44) Zöllner, N., Wolfram, G. und Londong, W.: Untersuchungen über die Plasmalipoide bei extrem fettarmer, kohlenhydratreicher Kost. Z. ges. exp. Med. 140: 24-34, 1966

45) Zöllner, N.: In: Untersuchungen und Bestimmungen der Lipoide im Blut, p. 35, Zöllner und

Eberhagen, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1965

7. ANHANG

Tab. 1 Zuteilung der sechs Versuchspersonen zu den Formeldiäten im zeitlichen Ablauf

1.2.78 - 14.2.78

Versuchspersonen AB	Formeldiät III
Versuchspersonen CD	Formeldiät I
Versuchspersonen EF	Formeldiät II

15.2.78 - 28.2.78

Versuchspersonen AB	Formeldiät I
Versuchspersonen CD	Formeldiät II
Versuchspersonen EF	Formeldiät III

1.3.78 - 15.3.78

Versuchspersonen AB	Formeldiät II
Versuchspersonen CD	Formeldiät III
Versuchspersonen EF	Formeldiät I

Tab. 2 Zusammensetzung der drei Formeldiäten.

Zufuhr / Tag

Formeldiät I	87	g	Hypoprotidine
	483	g	Maltodextrin
Formeldiät II	87	g	Hypoprotidine
	312	g	Maltodextrin
	74,46	g	Fettgemisch
aus	47	g	Butter
	17,7	g	Olivenöl
	9,76	g	Distelöl
Formeldiät III	87	g	Hypoprotidine
	312	g	Maltodextrin
	71	g	Distelöl

Tab. 3 Fettsäuremuster der verwendeten Fettarten.

	Distel-öl	Oliven-öl	Butter
einfach ungesättigt	15 %	82 %	37 %
mehrfach ungesättigt	78 %	9 %	4 %
gesättigt	7 %	9 %	59 %

(gaschromatographische Darstellung)

Tab. 4 Gesamtphosphatide sowie Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in der VLDL-Fraktion der einzelnen Versuchspersonen in mg/100 ml Serum geordnet nach dem zeitlichen Ablauf des Versuchs.

		1.2.	15.2.	1.3.	15.3.	1o.5.
A	G	20	20	7	1	11
	L	16,54	16,00	6,06	0,84	6,46
	S	3,14	3,80	0,83	0,14	3,20
	LL	0,32	0,20	0,11	0,02	1,34
B	G	10	13	12	6	6
	L	7,54	9,30	10,30	4,91	5,06
	S	2,05	3,52	1,42	1,07	0,81
	LL	0,41	0,18	0,28	0,02	0,13
C	G	11	20	2	2	7
	L	8,96	16,38	1,75	1,66	6,03
	S	1,83	3,34	0,23	0,29	0,76
	LL	0,21	0,28	0,02	0,05	0,21

		1.2.	15.2.	1.3.	15.3.	10.5.
D	G	26	25	9	10	19
	L	22,12	21,07	7,83	8,65	13,55
	S	3,59	3,60	1,04	1,25	4,33
	LL	0,29	0,33	0,13	0,10	1,12
E	G	26	5	5	14	22
	L	23,09	4,14	4,36	11,47	19,05
	S	2,52	0,83	0,54	2,32	2,36
	LL	0,39	0,03	0,10	0,21	0,59
F	G	4	8	1	6	1
	L	3,32	6,53	0,86	4,70	0,84
	S	0,64	1,40	0,11	1,21	0,15
	LL	0,04	0,07	0,03	0,09	0,01

G = Gesamtphosphatide
L = Lecithin
S = Sphingomyelin
LL = Lysolecithin

Tab. 5 Gesamtphosphatide sowie Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in der LDL-Fraktion der einzelnen Versuchspersonen in mg / 100 ml Serum geordnet nach dem zeitlichen Ablauf des Versuchs.

		1.2.	15.2.	1.3.	15.3.	10.5.
A	G	66	51	40	63	69
	L	38,54	33,96	24,52	41,27	50,58
	S	26,93	16,58	15,48	21,04	18,01
	LL	0,53	0,46	-	0,69	0,41
B	G	57	30	31	52	44
	L	38,98	19,11	20,12	31,61	30,67
	S	16,25	10,68	10,79	19,71	12,89
	LL	1,77	0,21	0,09	0,68	0,44
C	G	77	43	53	35	70
	L	59,68	27,82	32,22	22,54	47,60
	S	16,86	14,62	20,03	11,83	21,91
	LL	0,46	0,56	0,75	0,63	0,49
D	G	79	51	69	64	64
	L	49,13	37,89	46,85	43,96	46,59
	S	29,55	13,01	21,80	19,14	16,26
	LL	0,32	0,10	0,35	0,90	1,15
E	G	43	41	24	39	35
	L	31,95	29,31	15,14	27,22	24,04
	S	10,49	11,69	8,57	11,43	10,43
	LL	0,56	-	0,29	0,35	0,53
F	G	65	58	38	56	40
	L	47,45	37,76	24,47	36,17	27,16
	S	17,16	19,37	13,30	19,38	12,60
	LL	0,39	0,87	0,23	0,45	0,24

Tab. 6 Gesamtphosphatide sowie Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in der HDL-Fraktion der einzelnen Versuchspersonen in mg / 100 ml Serum geordnet nach dem zeitlichen Ablauf des Versuchs.

		1.2.	15.2.	1.3.	15.3.	10.5.
A	G	148	95	93	1o3	123
	L	119,29	78,85	79,05	86,31	108.48
	S	2o,13	10,26	12,00	13,91	10,21
	LL	8,58	5,89	1,95	2,78	4,31
B	G	135	99	82	114	139
	L	105,02	76,13	69,78	94,39	115,37
	S	19,85	16,14	9,68	17,56	13,62
	LL	10,13	6,73	2,54	2,05	10,01
C	G	87	83	94	94	90
	L	68,20	67,65	77,93	76,80	75,69
	S	13,49	9,46	12,50	15,13	11,34
	LL	5,31	5,89	3,57	2,07	2,97
D	G	124	83	94	88	136
	L	93,37	68,06	78,86	69,17	101,59
	S	18,60	7,55	9,78	12,85	28,70
	LL	12,03	7,39	5,36	5,98	5,71
E	G	73	89	69	89	89
	L	58,18	73,51	58,23	78,14	76,89
	S	10,22	9,08	8,42	7,57	10,15
	LL	4,60	6,41	2,35	3,29	1,96

F	G	137	106	67	97	113
	L	121,10	85,54	56,28	83,03	95,71
	S	13,02	15,37	8,78	11,83	12,77
	LL	2,88	5,09	1,94	2,14	4,52

Tab. 7 Gesamtphosphatide sowie Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in der VLDL-Fraktion der einzelnen Versuchspersonen in mg / 100 ml Serum und Abhängigkeit von den verschiedenen Formeldiäten.

		A	I	II	III
A	G	20	7	1	20
	L	16,54	6,06	0,84	16,00
	S	3,14	0,83	0,14	3,80
	LL	0,32	0,11	0,02	0,20
B	G	10	12	6	13
	L	7,54	10,30	4,91	9,30
	S	2,05	1,42	1,07	3,52
	LL	0,41	0,28	0,02	0,18
C	G	11	20	2	2
	L	8,96	16,38	1,75	1,66
	S	1,83	3,34	0,23	0,29
	LL	0,21	0,28	0,02	0,05
D	G	26	25	9	10
	L	22,12	21,07	7,83	8,65
	S	3,59	3,60	1,04	1,25
	LL	0,29	0,33	0,13	0,10

		A	I	II	III
E	G	26	14	5	5
	L	23,09	11,47	4,14	4,36
	S	2,52	2,32	0,83	0,54
	LL	0,39	0,21	0,03	0,10
F	G	4	6	8	1
	L	3,32	4,70	6,53	0,86
	S	0,64	1,21	1,40	0,11
	LL	0,04	0,09	0,07	0,03

A = Ausgangswert
G = Gesamtphosphatide
L = Lecithin
S = Sphingomyelin
LL = Lysolecithin

Tab. 8 Gesamtphosphatide sowie Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in der LDL-Fraktion der einzelnen Versuchspersonen in mg / 100 ml Serum und Abhängigkeit von den verschiedenen Formeldiäten.

		A	I	II	III
A	G	66	40	63	51
	L	38,54	24,52	41,27	33,96
	S	26,93	15,48	21,04	16,58
	LL	0,53	-	0,69	0,46
B	G	57	31	52	30
	L	38.98	20,12	31,61	19,11
	S	16,25	10,79	19,71	10,68
	LL	1,77	0,09	0,68	0,21

C	G	77	43	53	35
	L	59,68	27,82	23,22	22,54
	S	16,86	14,62	20,03	11,83
	LL	0,46	0,56	0,75	0,63
D	G	79	51	69	64
	L	49,13	37,89	46,85	43,96
	S	29,55	13,01	21,80	19,14
	LL	0,32	0,10	0,35	0,90
E	G	43	39	41	24
	L	31,95	27,22	29,31	15,14
	S	10,49	11,43	11,69	8,57
	LL	0,56	0,35	-	0,29
F	G	65	56	58	38
	L	47,45	36,17	37,76	24,47
	S	17,16	19,38	19,37	13,30
	LL	0,39	0,45	0,87	0,23

Tab. 9 Gesamtphosphatide sowie Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in der HDL-Fraktion der einzelnen Versuchspersonen in mg / 100 ml Serum und Abhängigkeit von den verschiedenen Formeldiäten.

		A	I	II	III
A	G	148	93	103	95
	L	119,29	79,05	86,31	78,85
	S	20,13	12,00	13,91	10,26
	LL	8,58	1,95	2,78	5,89

		A	I	II	III
B	G	135	82	114	99
	L	105,02	69,78	94,39	76,13
	S	19,85	9,68	17,56	16,14
	LL	10,13	2,54	2,05	6,73
C	G	87	83	94	94
	L	68,20	67,65	77,93	76,80
	S	13,49	9,46	12,50	15,13
	LL	5,31	5,89	3,57	2,07
D	G	124	83	94	88
	L	93,37	68,06	78,86	69,17
	S	18,60	7,55	9,78	12,85
	LL	12,03	7,39	5,36	5,98
E	G	73	89	89	69
	L	58,18	78,14	73,51	58,23
	S	10,22	7,57	9,08	8,42
	LL	4,60	3,29	6,41	2,35
F	G	137	97	106	67
	L	121,10	83,03	85,54	56,28
	S	13,02	11,83	15,37	8,78
	LL	2,88	2,14	5,09	1,94

Tab. 10 - 15 Vergleich der Ausgangswerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in den einzelnen Lipoproteinfraktionen mit Ergebnissen anderer Untersuchungen. Angegeben sind die Einzelwerte der sechs Versuchspersonen in Prozent Phosphatidanteil und in mg / 100 ml Serum.

		Lecithin	Sphingomyelin	Lysolecithin
Tab. 10	VLDL (%)			
	Nelson und F. (24)	71,2 - 75,9	17,0 - 20,2	--
	Skipski (35)	48,7 - 78,5	14,0 - 17,0	2,7 - 9,0
	Phillips a.W. (30)	73,7 - 80,9	11,9 - 16,1	1,3 - 4,7
	Formeldiätversuch	75,4 - 88,8	9,7 - 20,3	0,9 - 4,1
Tab. 11	VLDL (mg / 100 ml)			
	Nelson und F. (24)	30,17 - 53,86	6,81 - 13,59	--
	Skipski (35)	2,14 - 3,45	0,61 - 0,74	0,11 - 0,39
	Phillips a.W. (30)	2,78 - 12,66	0,44 - 2,52	0,04 - 0,64
	Formeldiätversuch	3,32 - 23,09	0,64 - 3,59	0,04 - 0,41
Tab. 12	LDL (%)			
	Nelson und F. (24)	66,2 - 70,7	23,8 - 26,9	--
	Skipski (35)	54,6 - 73,7	21,3 - 29,1	1,8 - 3,8
	Choksey und F. (7)	57 - 66	28 - 34	0 - 3
	Formeldiätversuch	58,4 - 77,5	21,9 - 40,8	0,4 - 3,1

Tab. 13

LDL (mg / 100 ml)	Lecithin	Sphingomyelin	Lysolecithin
Nelson und F. (24)	37,34 - 64,77	13,57 - 26,32	--
Skipski (35)	40,40 - 54,53	15,76 - 21,53	1,33 - 2,81
Choksey und F. (7)	30,21 - 60,72	14,84 - 31,28	0 - 2,76
Formeldiätversuch	31,95 - 59,68	10,49 - 29,55	0,32 - 1,77

Tab. 14

HDL (%)			
Phillips (29)	67,0 - 73,6	11,9 - 15,1	7,2 - 14,8
Skipski (35)	64,4 - 80,1	8,8 - 14,8	3,0 - 8,4
Phillips und W. (30)	65,8 - 74,2	10,0 - 12,8	9,4 - 17,3
Formeldiätversuch	75,3 - 88,4	9,5 - 15,5	2,1 - 9,7

Tab. 15

HDL (mg / 100 ml)			
Phillips (29)	66,66 - 108,52	12,40 - 21,70	9,30 - 16,27
Skipski (35)	57,41 - 71,42	7,89 - 13,23	2,67 - 7,49
Choksey und F. (7)	64,26 - 130,98	9,18 - 40,71	1,02 - 19,47
Formeldiätversuch	58,18 - 121,10	10,22 - 20,13	2,88 - 12,03

Tab. 16 - 21 Vergleich der Ausgangswerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in den einzelnen Lipoproteinfraktionen mit Ergebnissen anderer Untersuchungen. Angegeben sind die Mittelwerte der sechs Versuchspersonen in Prozent Phosphatidanteil und in mg / 100 ml Serum.

		Lecithin	Sphingomyelin	Lysolecithin
Tab. 16	VLDL (%)			
	Nelson und F. (24)	74,0	18,3	--
	Skipski (35)	59,7	14,8	5,0
	Phillips a.W. (30)	77,3	14,0	3,0
	Formeldiätversuch	80,6	16,2	3,2
Tab. 17	VLDL (mg / 100 ml)			
	Nelson und F. (24)	40,86	10,20	--
	Skipski (35)	2,62	0,65	0,22
	Phillips a.W. (30)	7,51	1,36	0,29
	Formeldiätversuch	11,04	2,12	0,43
Tab. 18	LDL (%)			
	Nelson und F. (24)	68,8	25,6	--
	Skipski (35)	63,7	25,9	2,7
	Choksey und F. (7)	64	30	2
	Formeldiätversuch	69,5	29,4	1,1

Tab. 19

LDL (mg / 100 ml)	Lecithin	Sphingomyelin	Lysolecithin
Nelson und F. (24)	5o,53	18,96	--
Skipski (35)	47,13	19,16	1,99
Choksey und F. (7)	39,04	18,30	1,22
Formeldiätversuch	41,03	17,45	0,61

Tab. 20

HDL (%)			
Phillips (29)	69,9	13,6	11,2
Skipski (35)	72,0	12,4	5,8
Peeters (27)	74,6	11,0	7,7
Formeldiätversuch	81,7	13,1	5,2

Tab. 21

HDL (mg / 100 ml)			
Phillips (29)	89,14	17,82	13,95
Skipski (35)	64,15	11,09	5,23
Choksey und F. (7)	83,07	19,89	8,19
Formeldiätversuch	94,91	15,18	6,09

Abb. 1 Chemische Struktur eines Phosphatidylcholinmoleküls

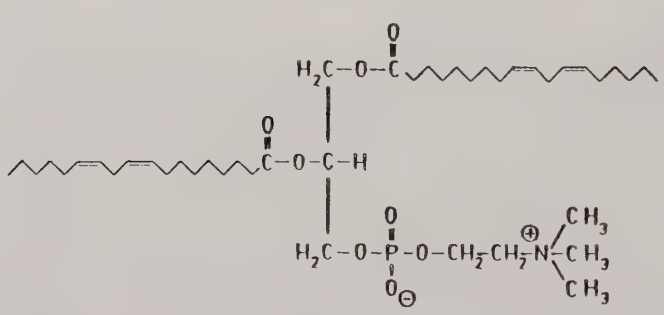
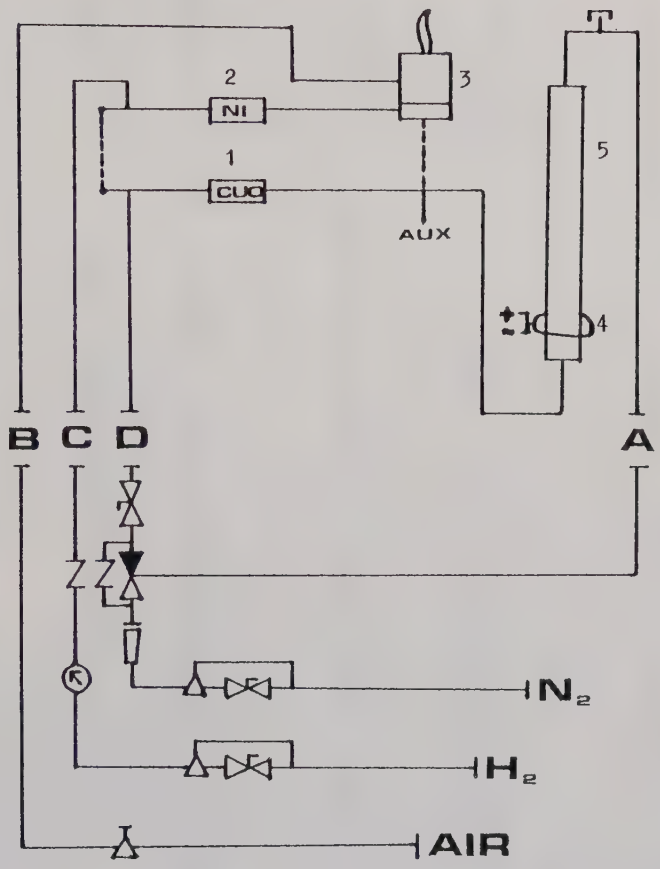


Abb. 2 Schematischer Aufbau des Becker TLC - Detector



F.I.D.

1 = Kupferofen 2 = Nickelofen

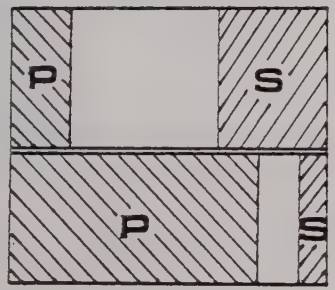
3 = Flame ionisation detector 4 = Heizspirale

5 = Quarzröhrchen mit Kieselgelbeschichtung

ZUSAMMENSETZUNG DER DREI FORMELDIAETEN

15% EI-WEISS	KOHLENHYDRATE 85%		FORMEL-DIÆT I
15% EI-WEISS	FETT 30%	KOHLENHYDRATE 55%	FORMEL-DIÆT II UND III

ZUSAMMENSETZUNG DES FETTANTEILS



LINOLSAEURE 10 G F. D. II

LINOLSAEURE 50 G F. D. III

Abb. 4 - 27

Anteilmäßige Zusammensetzung der VLDL-Phosphatide bei den Versuchspersonen A - F am Ende der vierzehntägigen Formeldiätperioden. Jeder dargestellte Wert ist das Ergebnis mindestens einer Doppelbestimmung.

■ = Lecithin

● = Sphingomyelin

▲ = Lysolecithin

Abb.	4	-	9	Relativwerte in zeitlicher Folge
Abb.	10	-	15	Relativwerte in Abhängigkeit von der Formeldiät
Abb.	16	-	21	Absolutwerte in zeitlicher Folge
Abb.	22	-	27	Absolutwerte in Abhängigkeit von der Formeldiät

Abb. 4

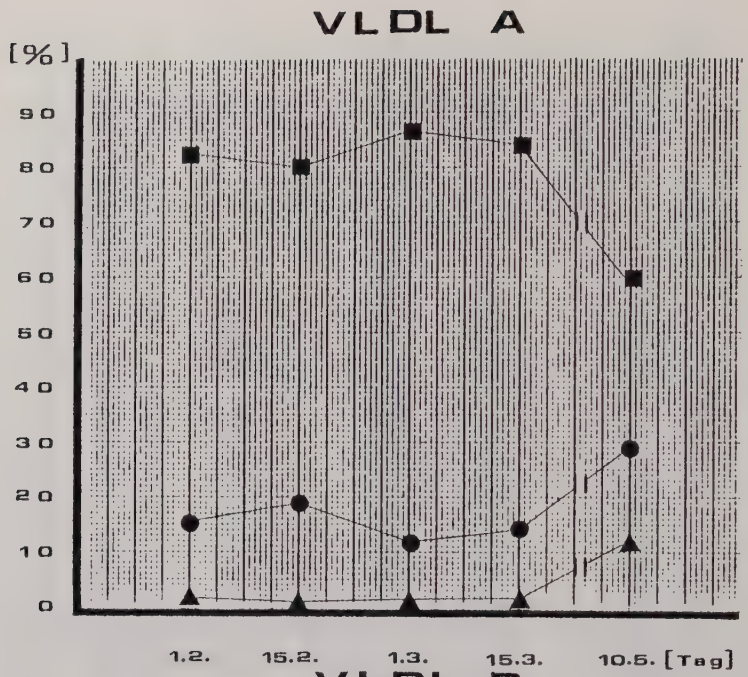

VLDL A
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 5

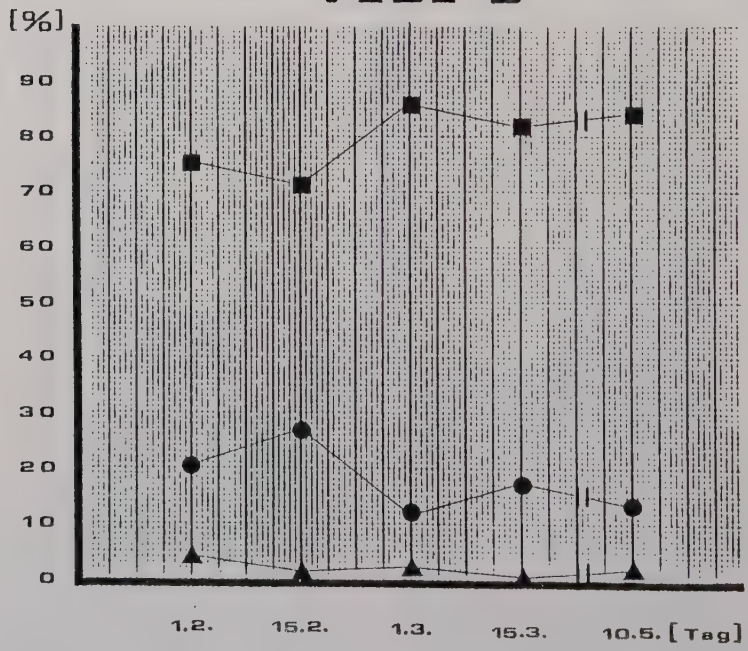

VLDL B
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 6

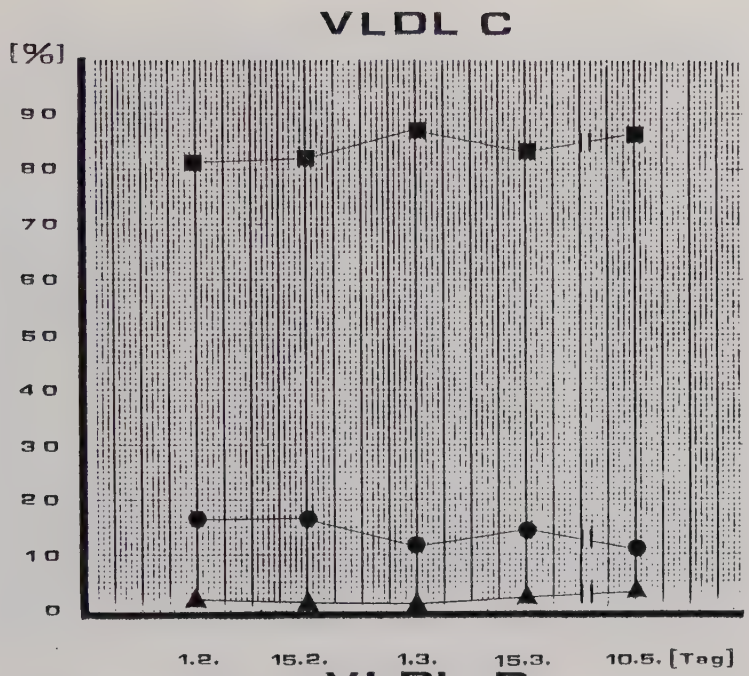

VLDL C
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 7

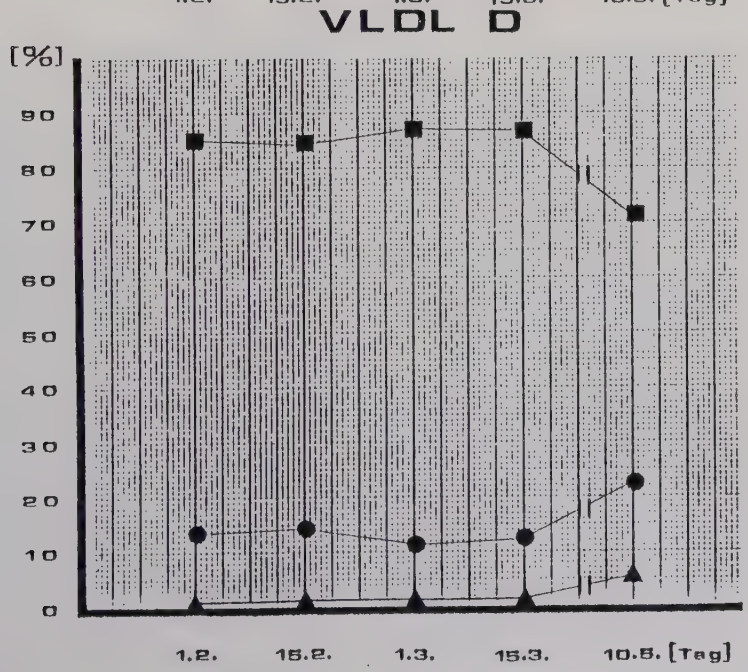

VLDL D
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 8

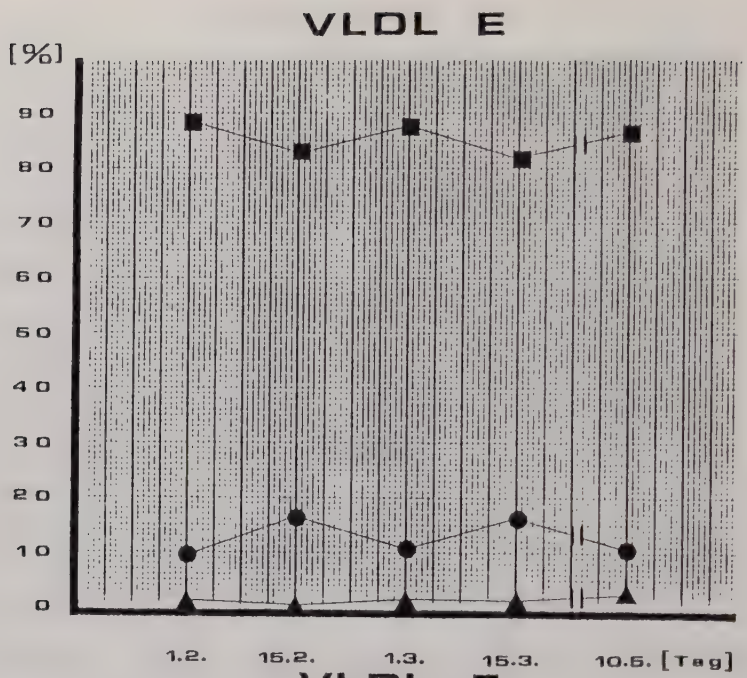

VLDL E
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 9

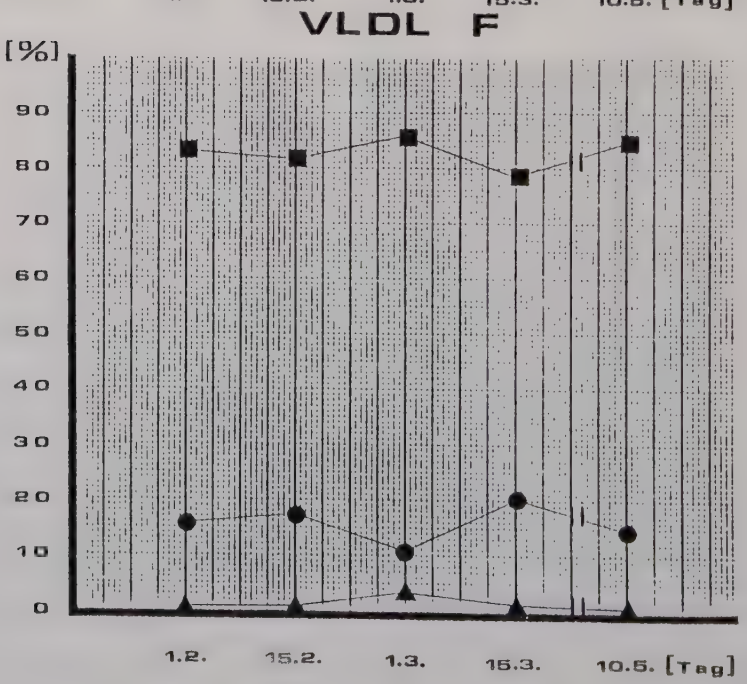

VLDL F
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 10

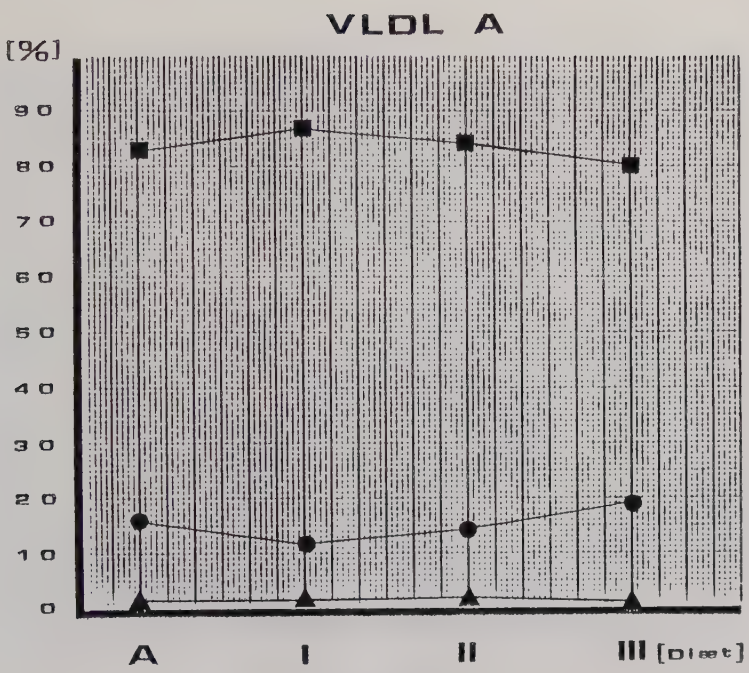

VLDL A
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 11

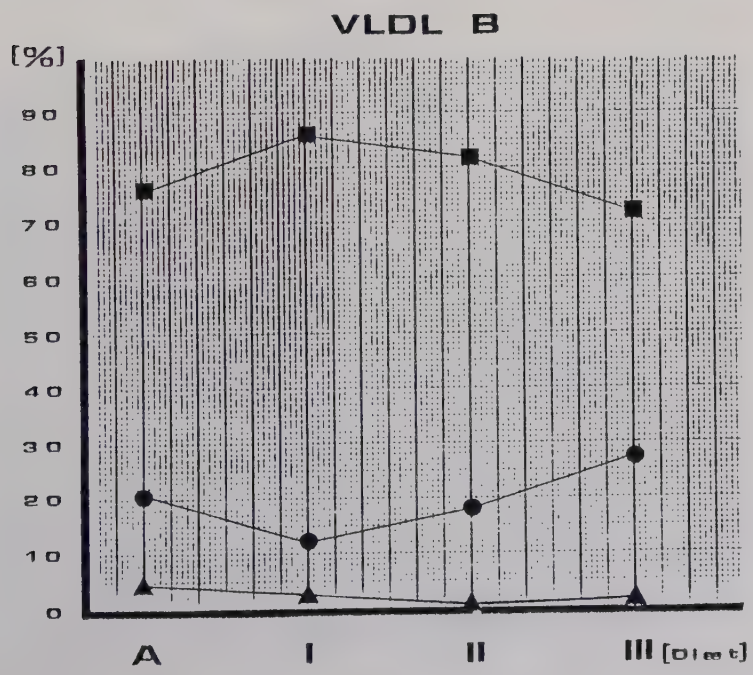

VLDL B
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 12

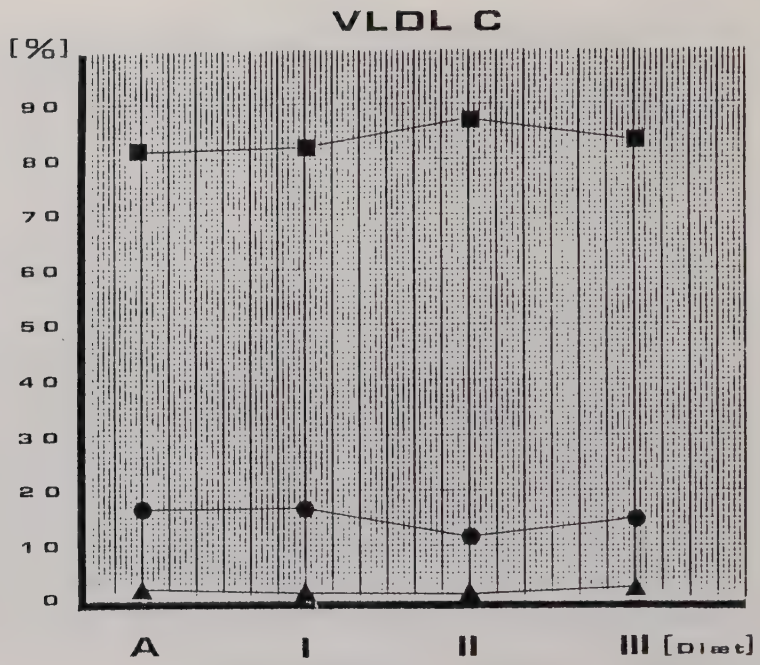

VLDL C
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 13

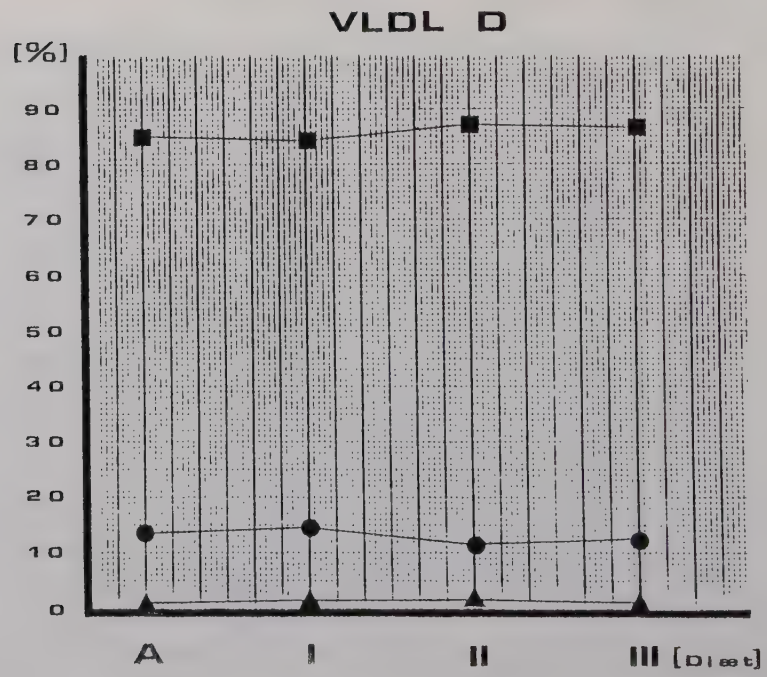

VLDL D
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 14

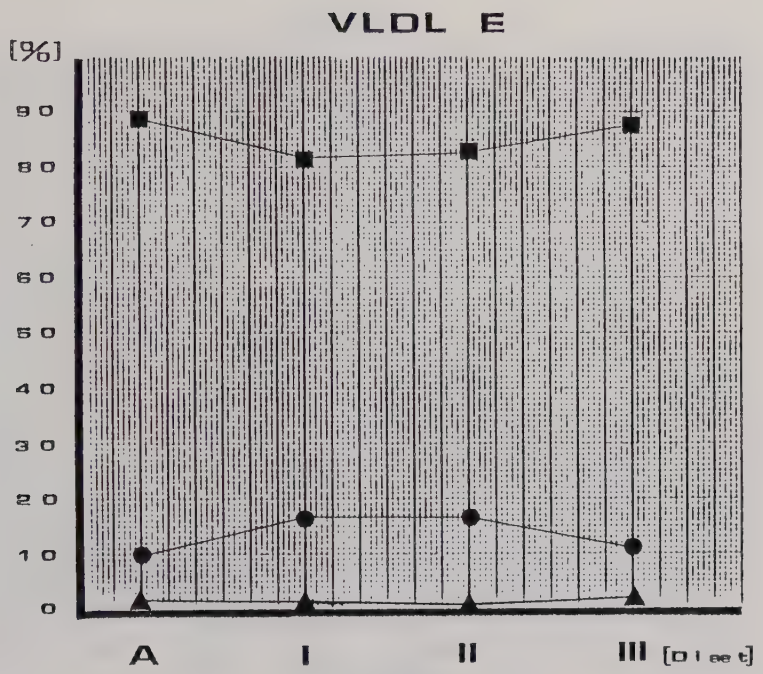

VLDL E
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III
[Diaet]

Abb. 15

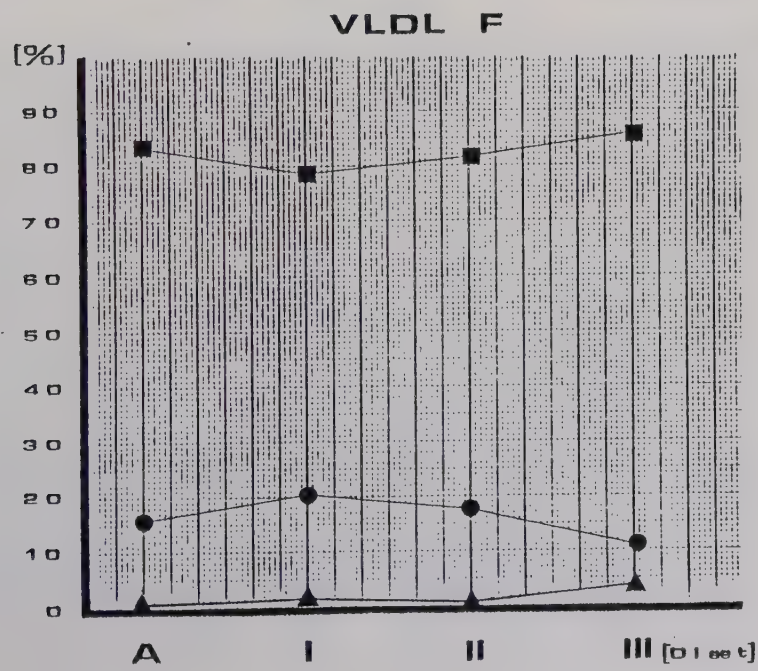

VLDL F
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III
[Diaet]

Abb. 16

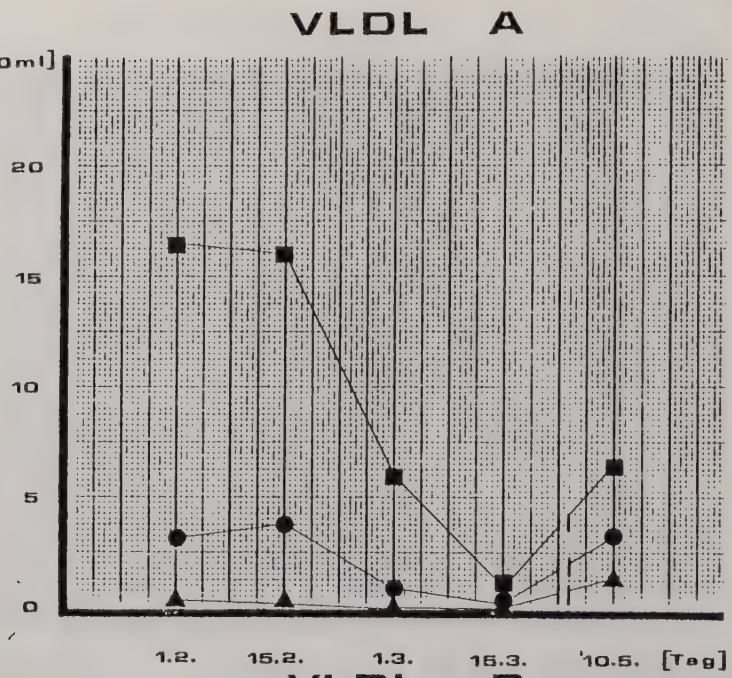

VLDL A
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 17

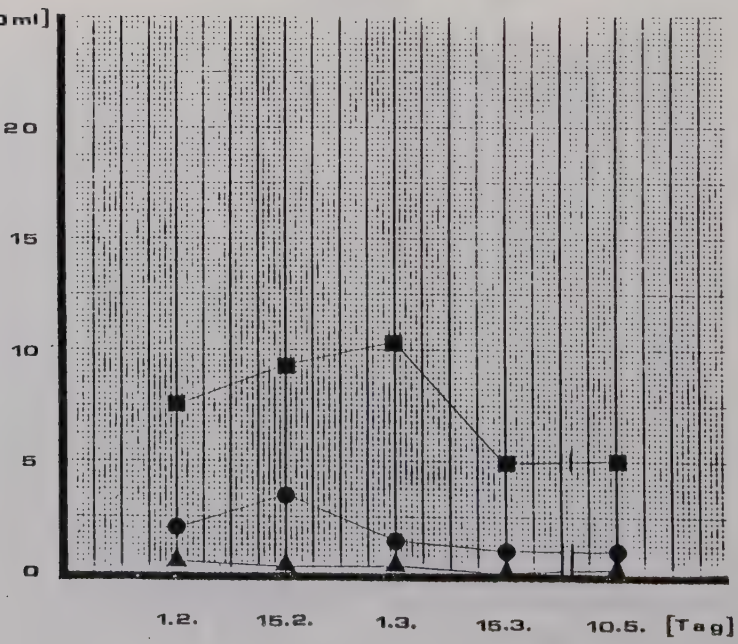

VLDL B
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 18

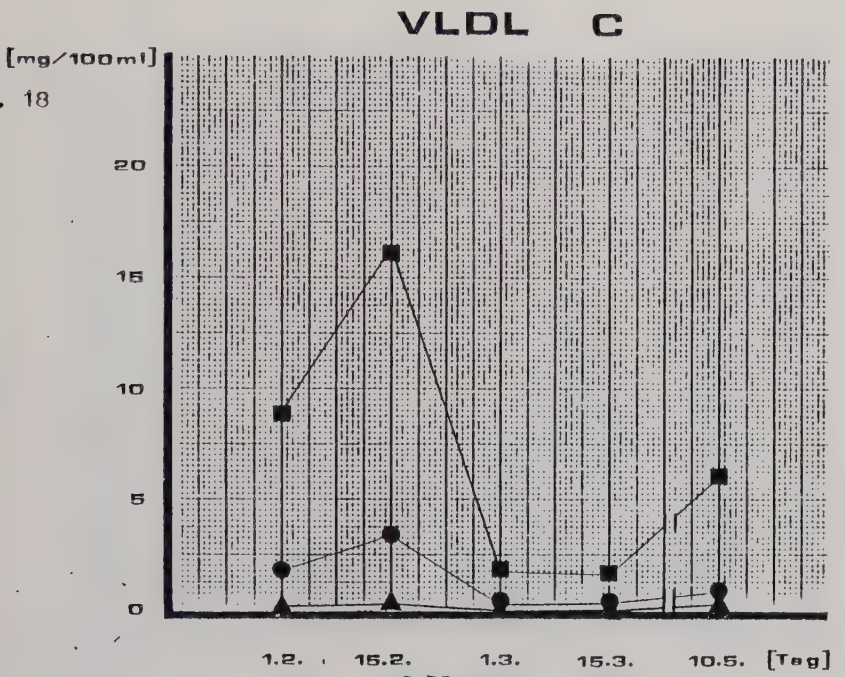

VLDL C
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 19

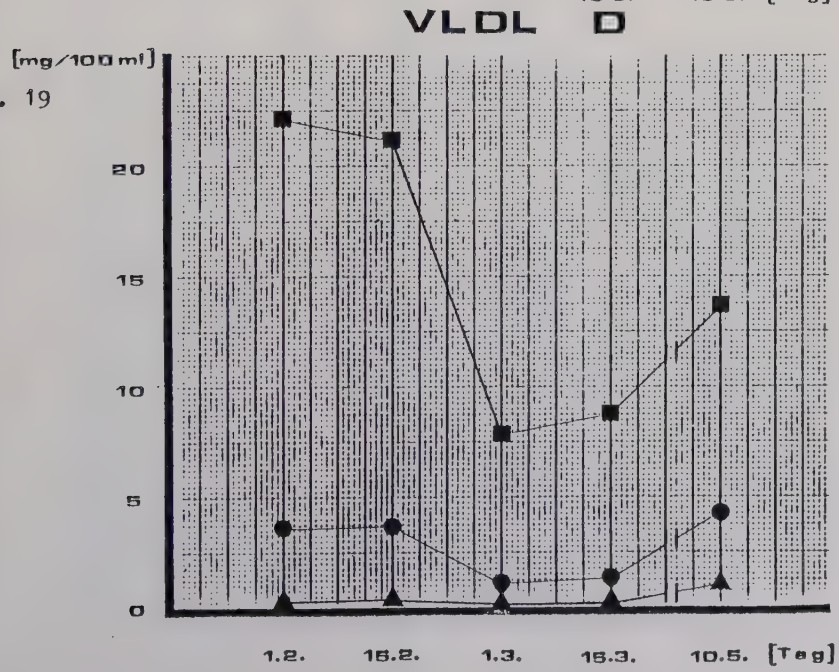

VLDL D
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 20

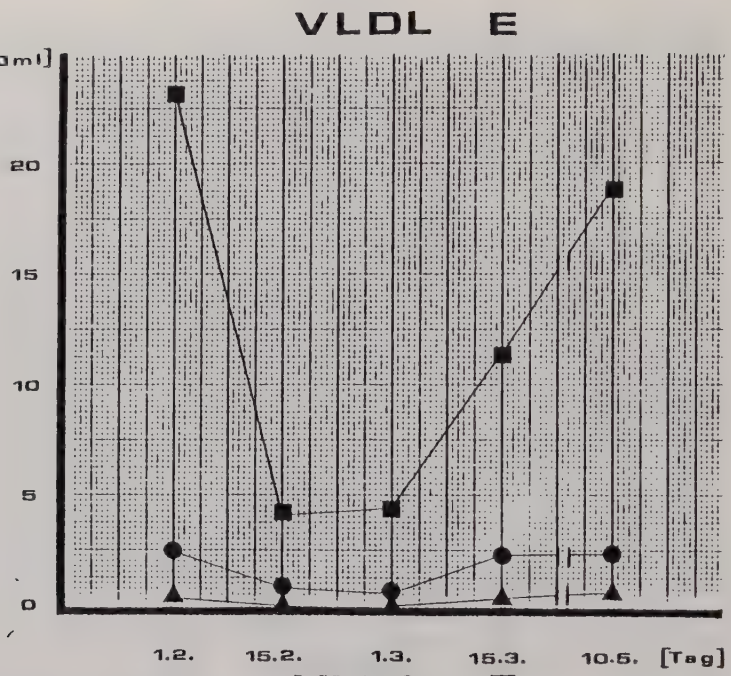

VLDL E
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 21

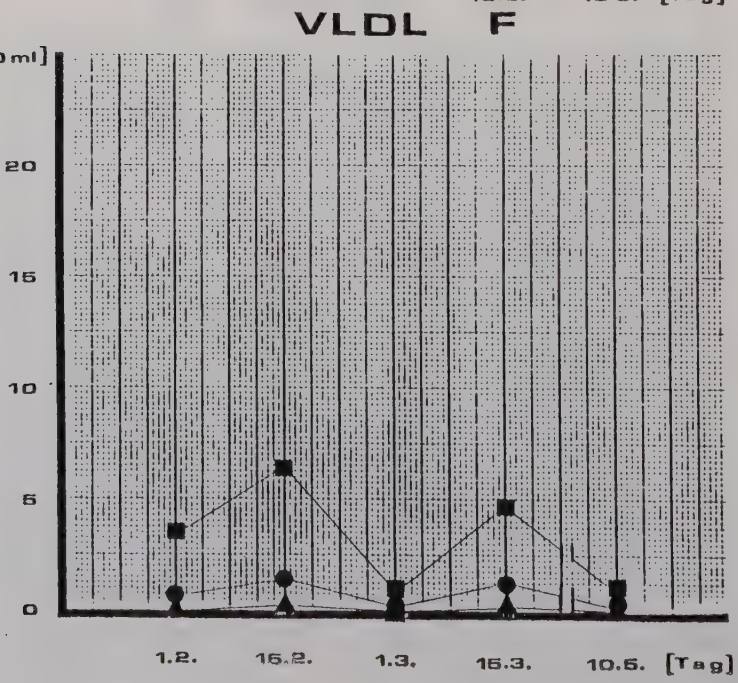

VLDL F
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 22

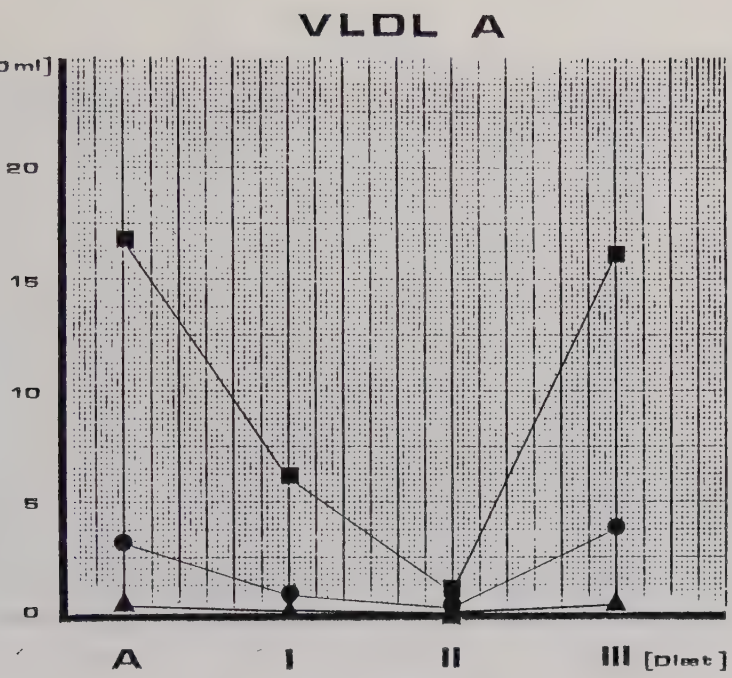
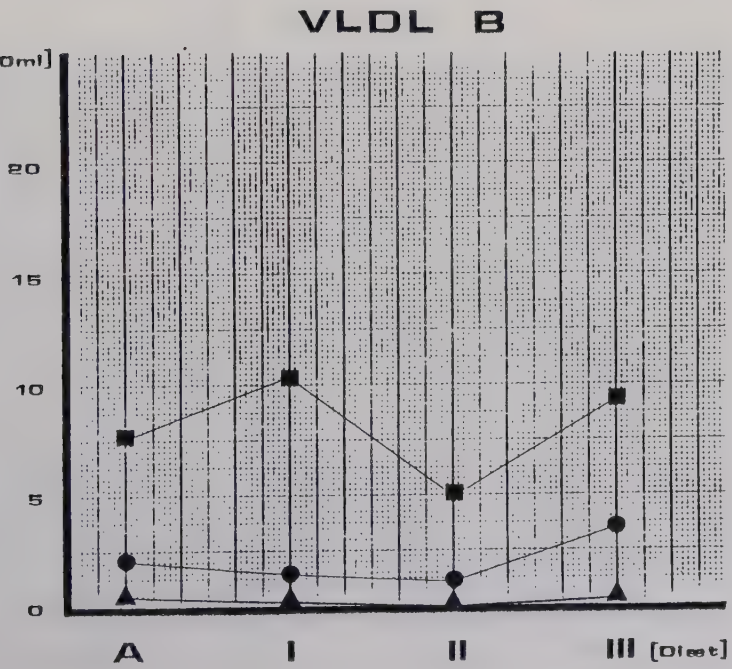

VLDL A
[mg/100 ml]
20
15
10
5
0
A
I
II
III
[Diæt]

Abb. 23


VLDL B
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
A
I
II
III
[Diæt]

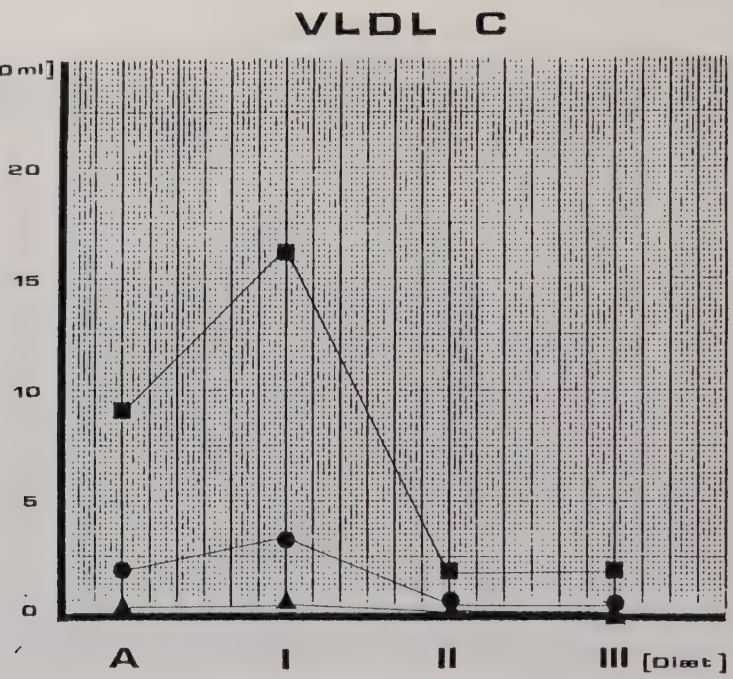

VLDL C
[mg/100 ml]
20
15
10
5
0
A
I
II
III
[Diæt]

Abb. 24

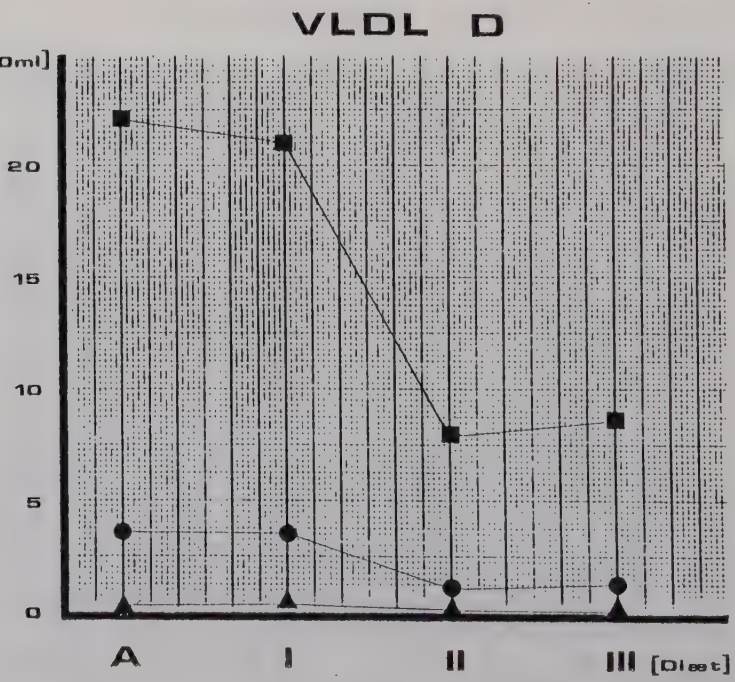

VLDL D
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
A
I
II
III
[Diæt]

Abb. 25

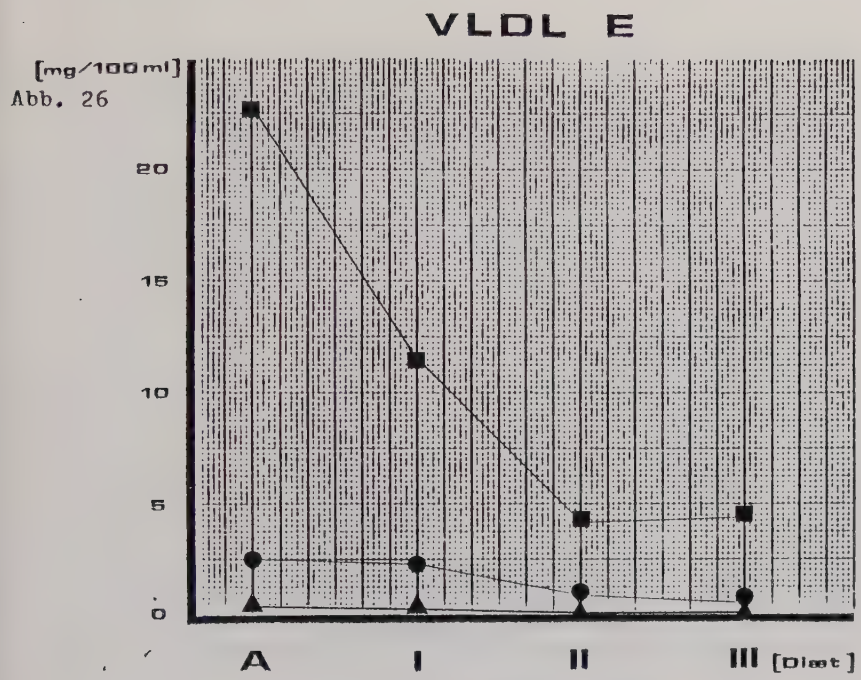

VLDL E
[mg/100 ml]
20
15
10
5
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 26

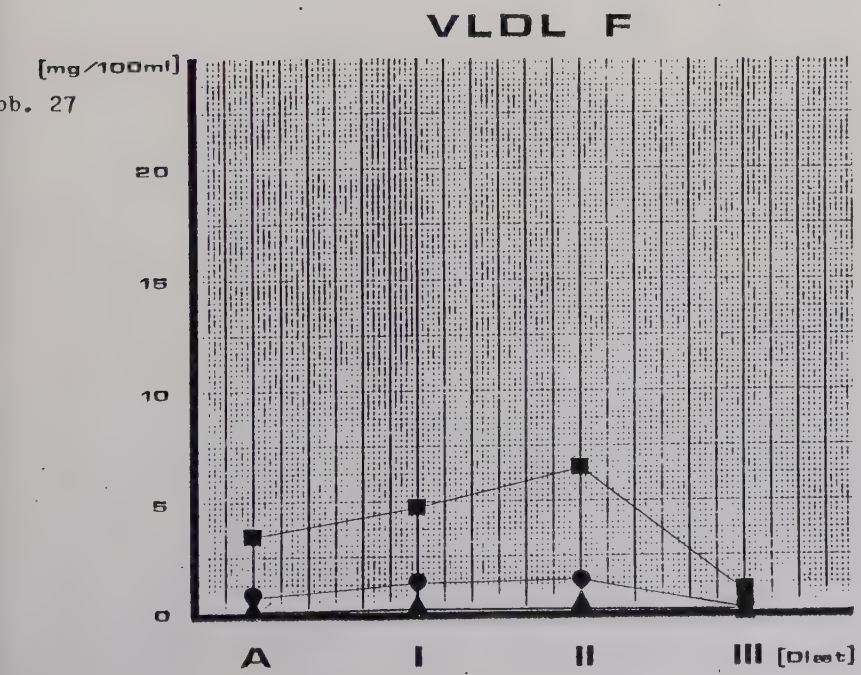

VLDL F
[mg/100ml]
20
15
10
5
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 27

Abb. 28 - 51

Anteilmäßige Zusammensetzung der LDL-Phosphatide bei den Versuchspersonen A - F am Ende der vierzehntägigen Formeldiätperioden. Jeder dargestellte Wert ist das Ergebnis mindestens einer Doppelbestimmung.

■ = Lecithin

● = Sphingomyelin

▲ = Lysolecithin

Abb. 28 - 33 Relativwerte in zeitlicher Folge
Abb. 34 - 39 Relativwerte in Abhängigkeit von der Formeldiät
Abb. 40 - 45 Absolutwerte in zeitlicher Folge
Abb. 46 - 51 Absolutwerte in Abhängigkeit von der Formeldiät

Abb. 28

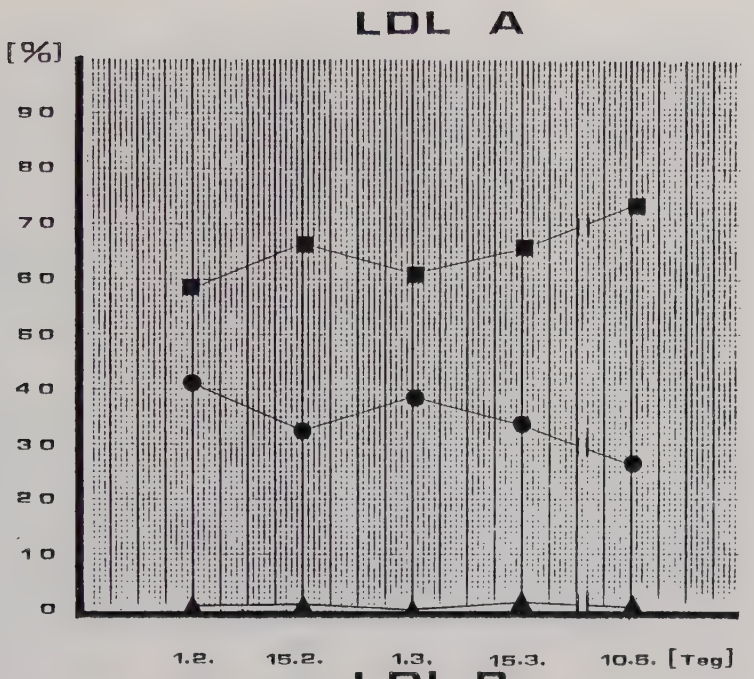

LDL A
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 29

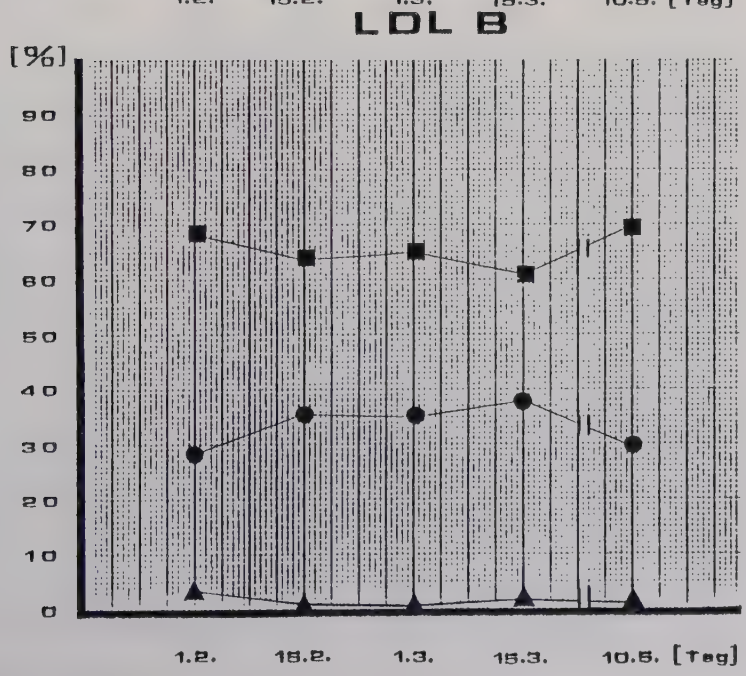

LDL B
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 30

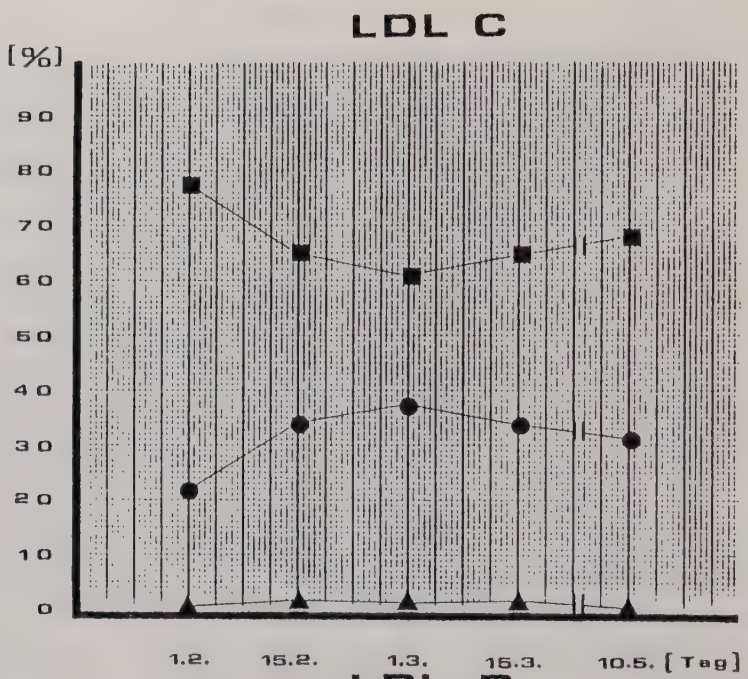

LDL C
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 31

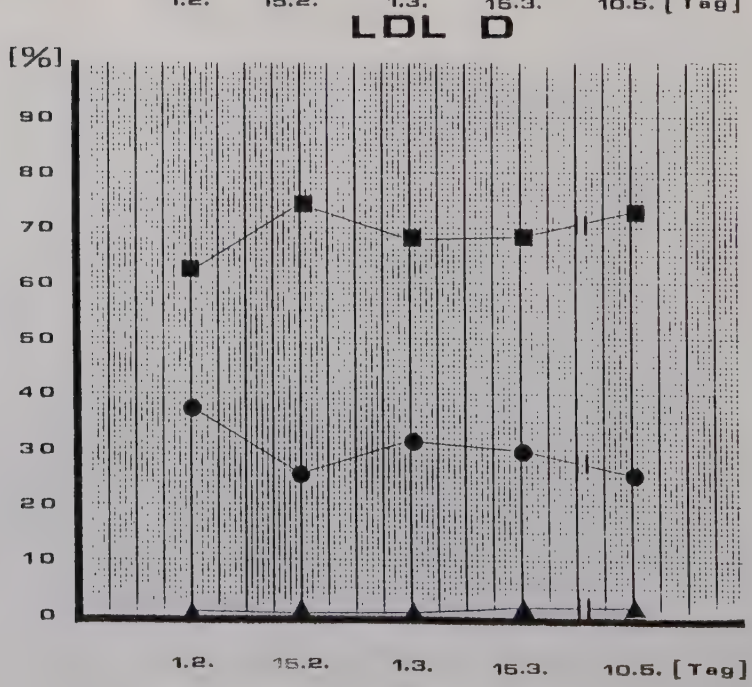

LDL D
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 32

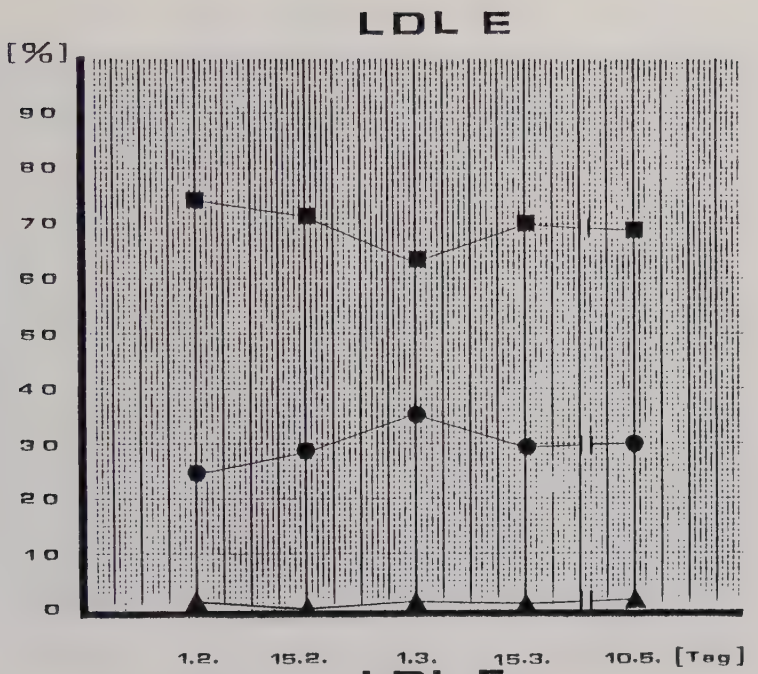

LDL E
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 33

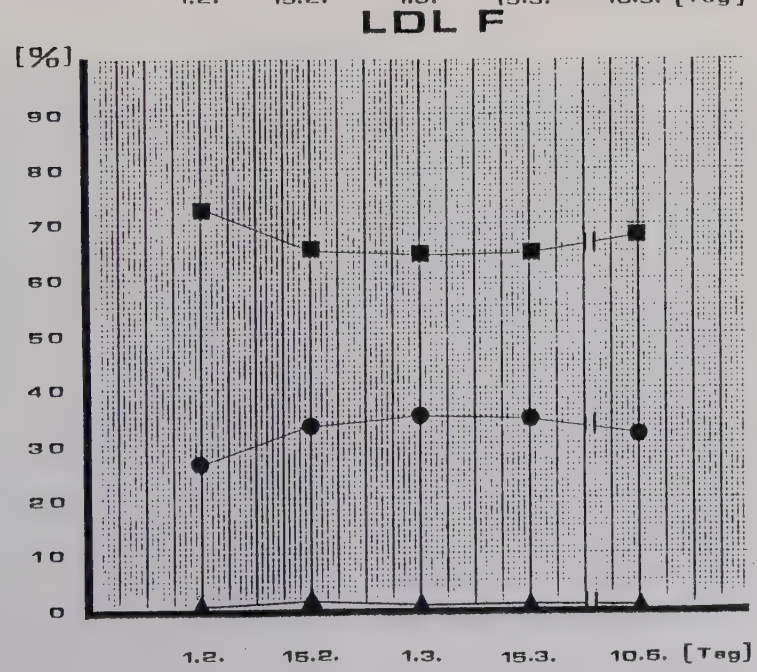

LDL F
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 34

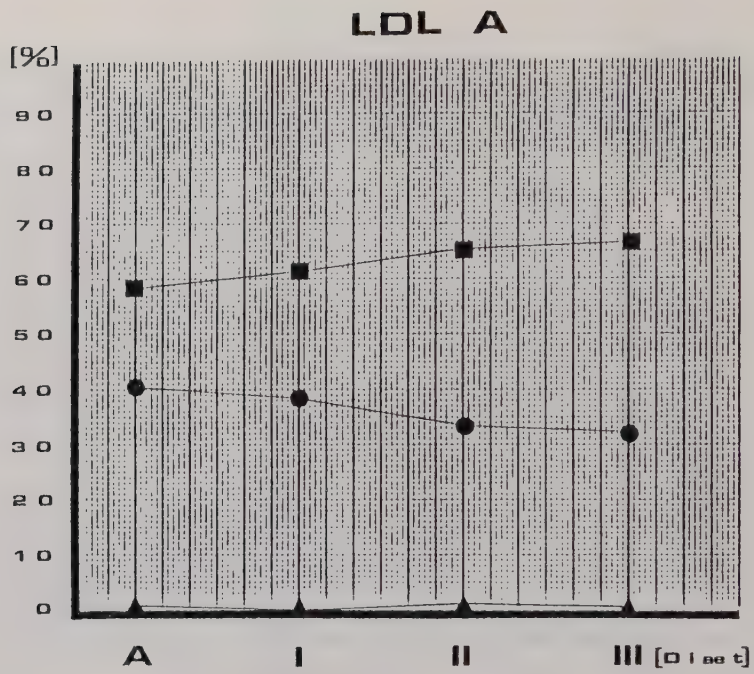

LDL A
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diaet]

Abb. 35

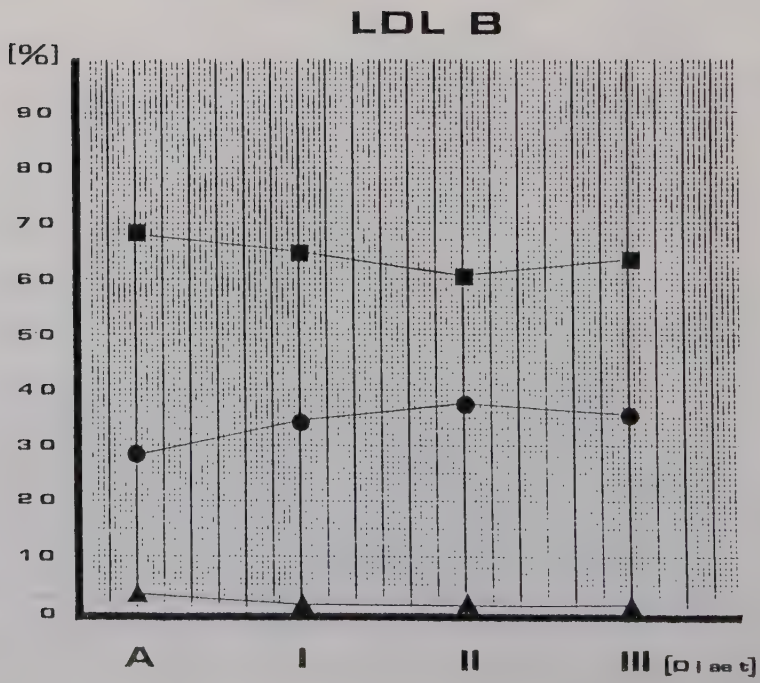

LDL B
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diaet]

Abb. 36

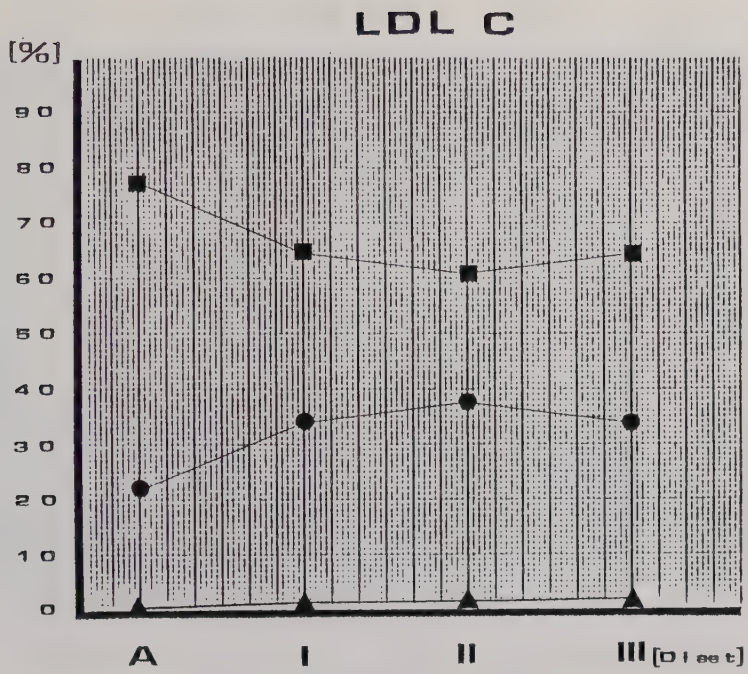

LDL C
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III
[Diet]

Abb. 37

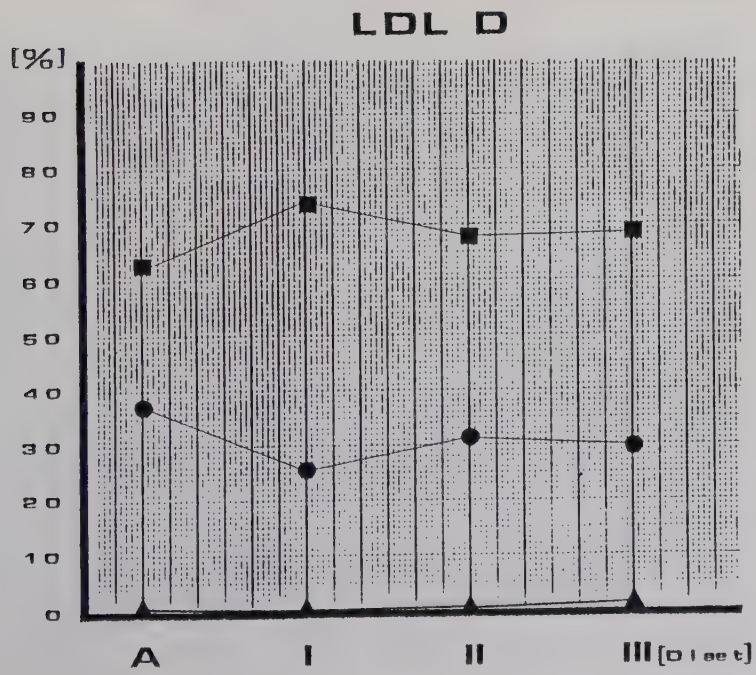

LDL D
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III
[Diet]

Abb. 38

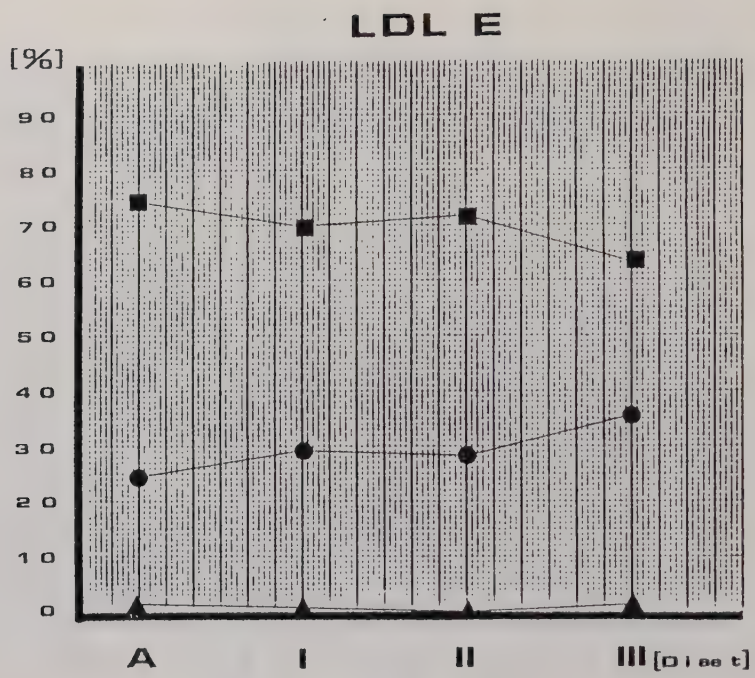

LDL E
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diaet]

Abb. 39

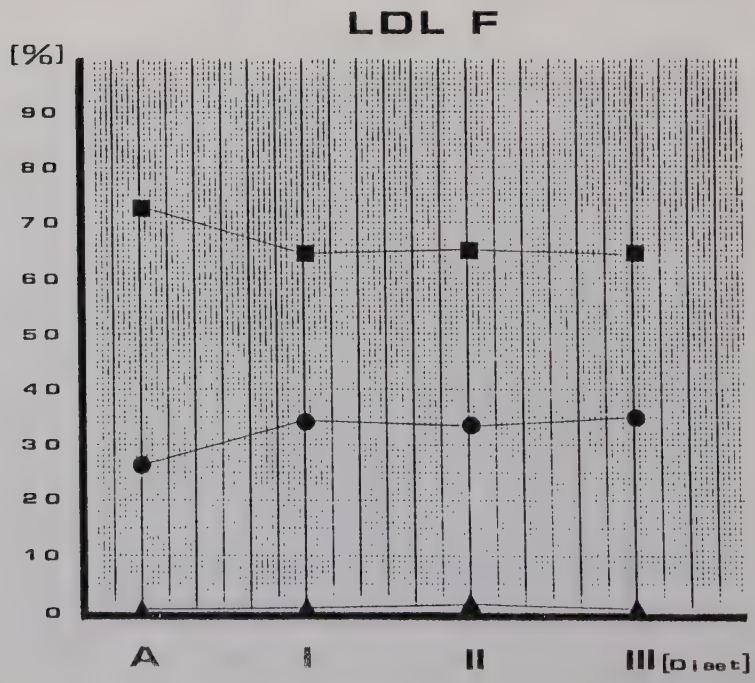

LDL F
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diaet]

Abb. 40

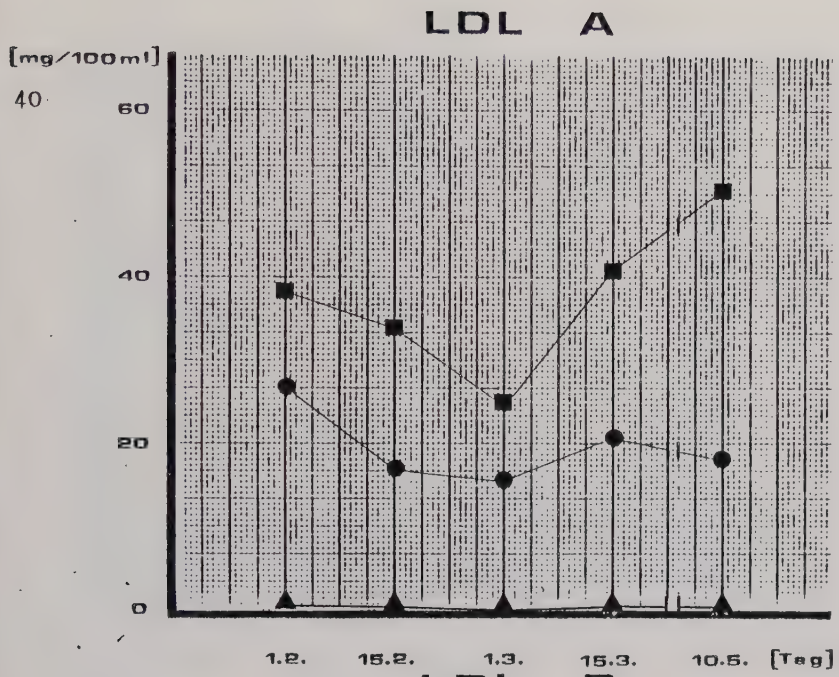

LDL A
[mg/100ml]
60
40
20
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 41

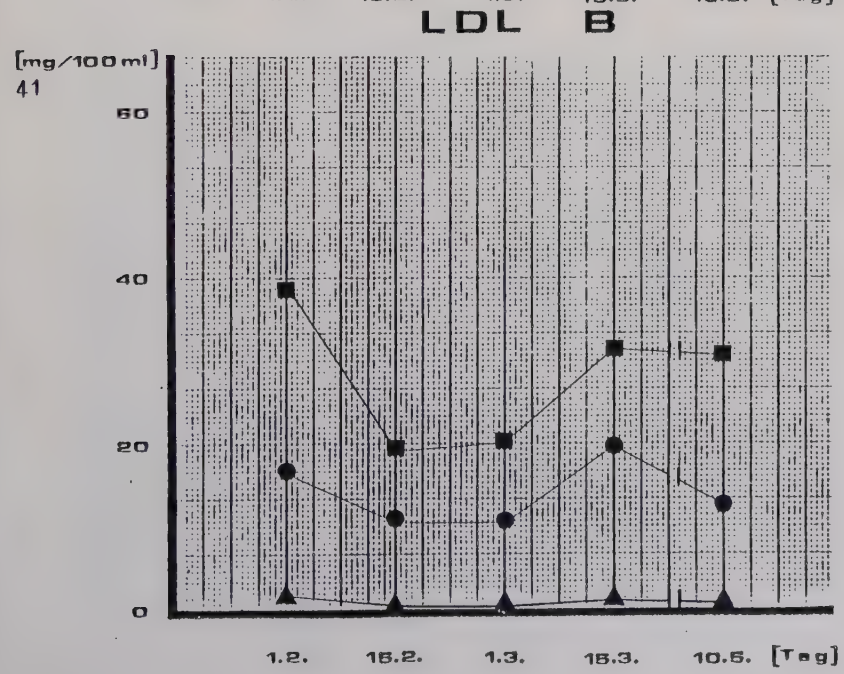

LDL B
[mg/100ml]
60
40
20
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 42

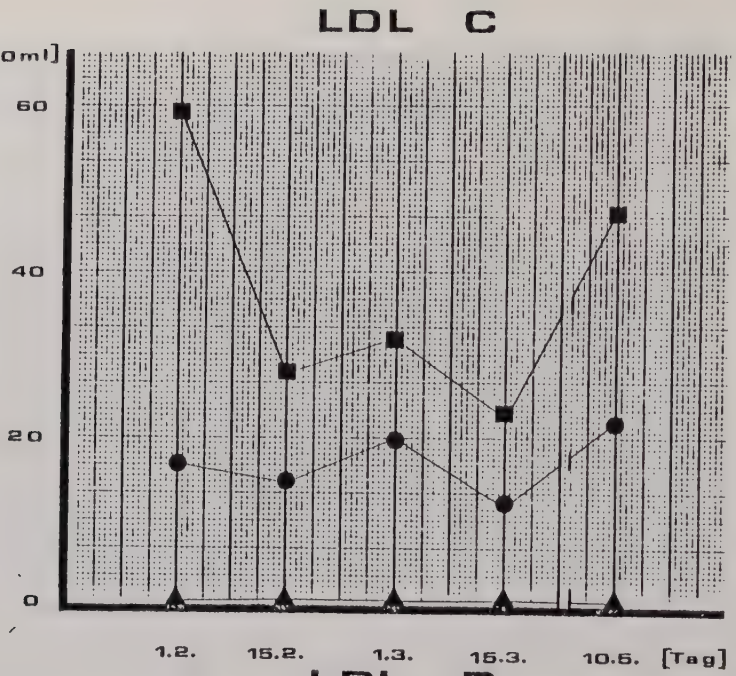

LDL C
[mg/100ml]
60
40
20
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 43

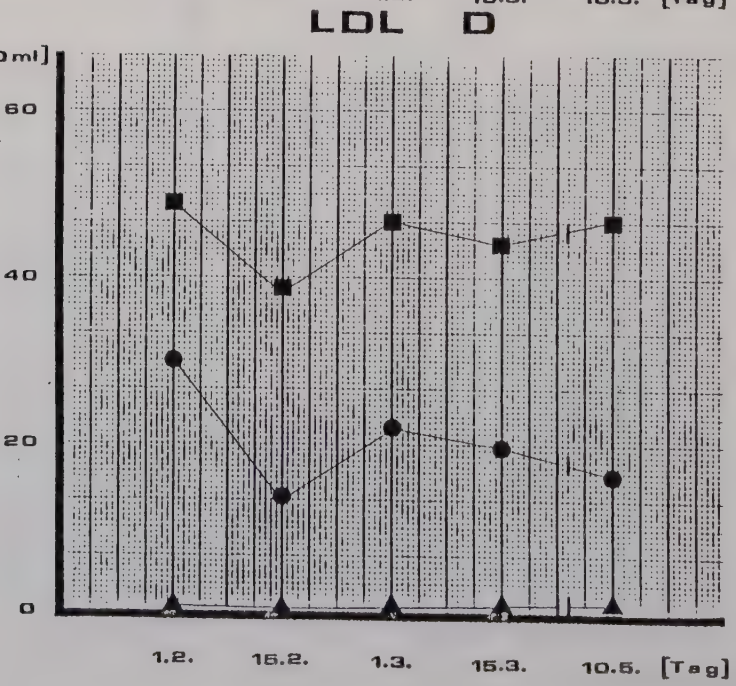

LDL D
[mg/100ml]
60
40
20
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 44

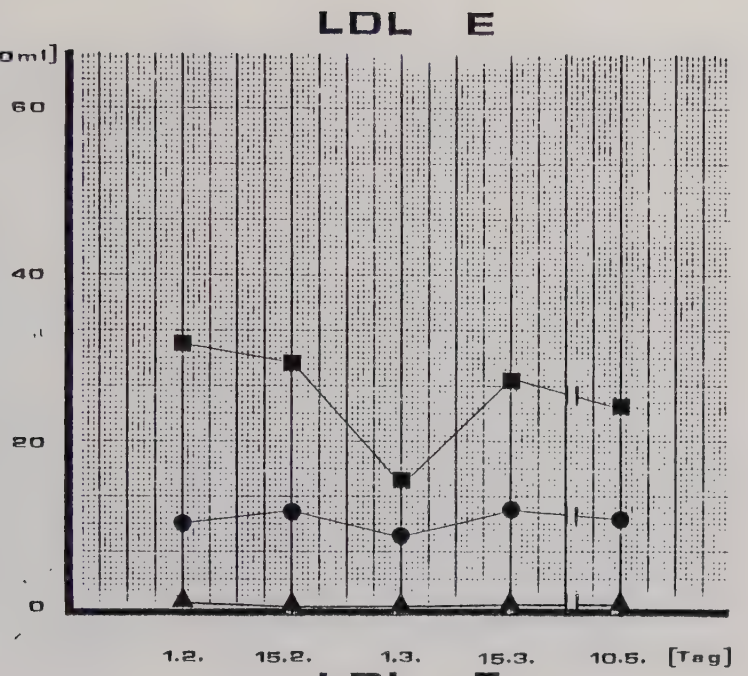

LDL E
[mg/100ml]
60
40
20
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 45

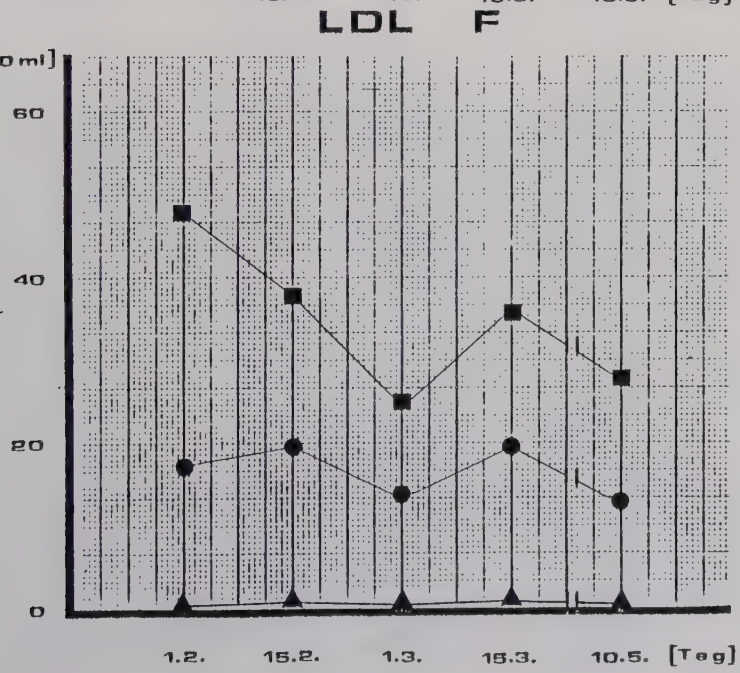

LDL F
[mg/100ml]
60
40
20
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 46

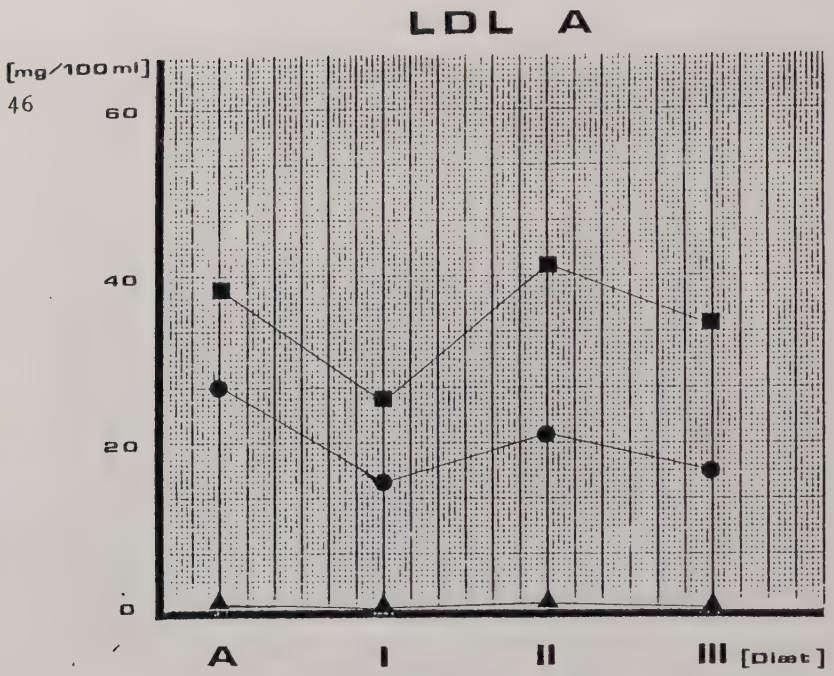

LDL A
[mg/100 ml]
60
40
20
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 47

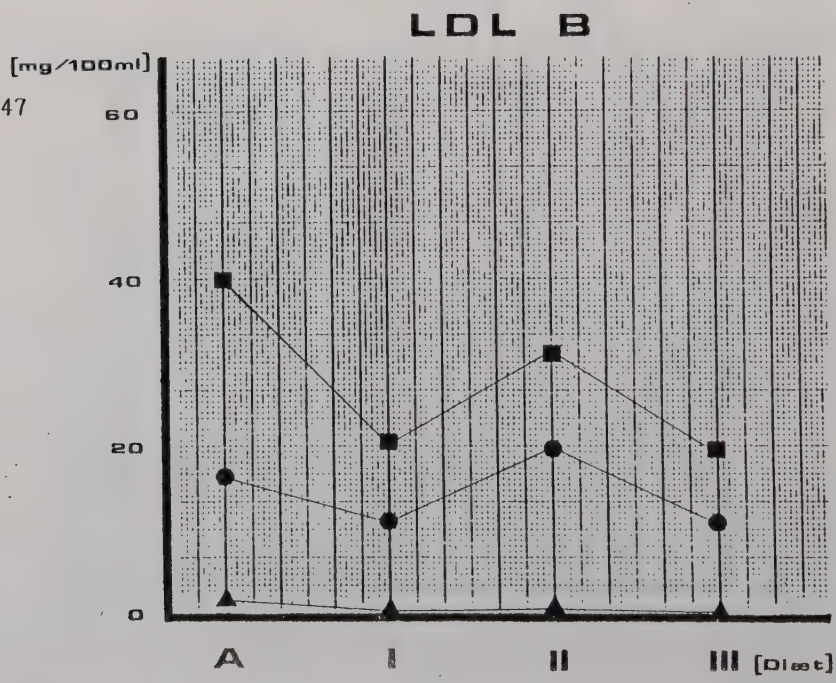

LDL B
[mg/100ml]
60
40
20
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 48

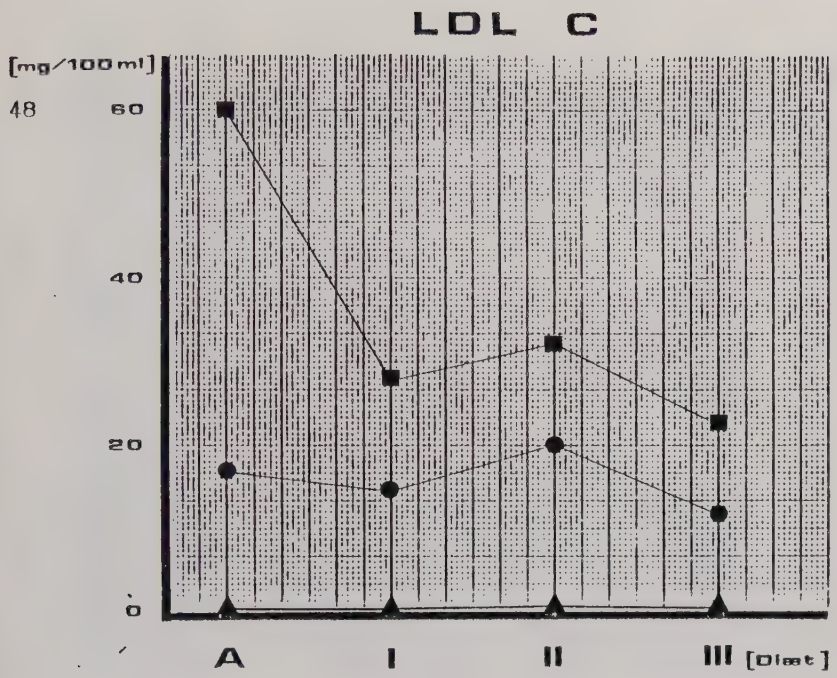

LDL C
[mg/100ml]
60
40
20
0
A
I
II
III [Diet]

Abb. 49

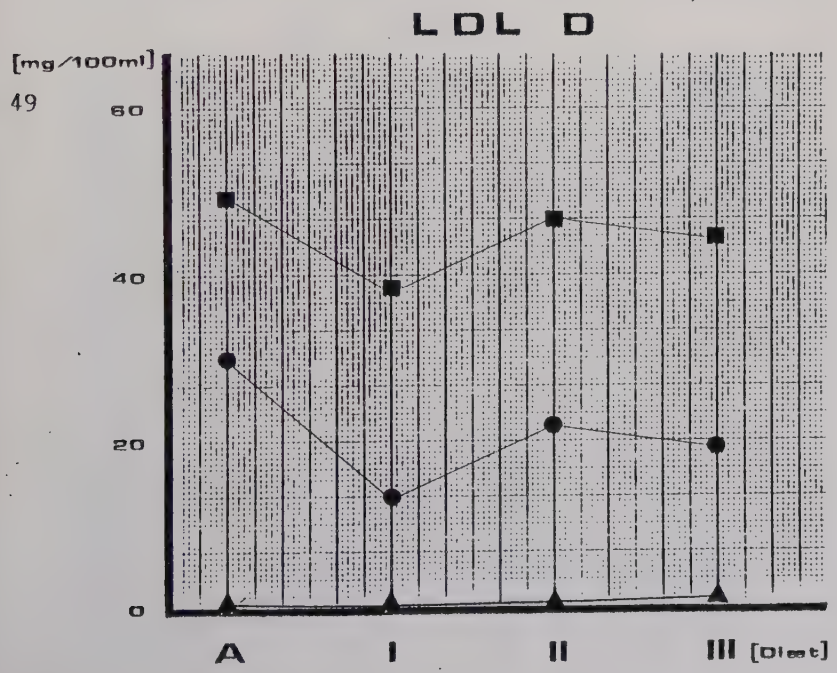

LDL D
[mg/100ml]
60
40
20
0
A
I
II
III [Diet]

Abb. 50

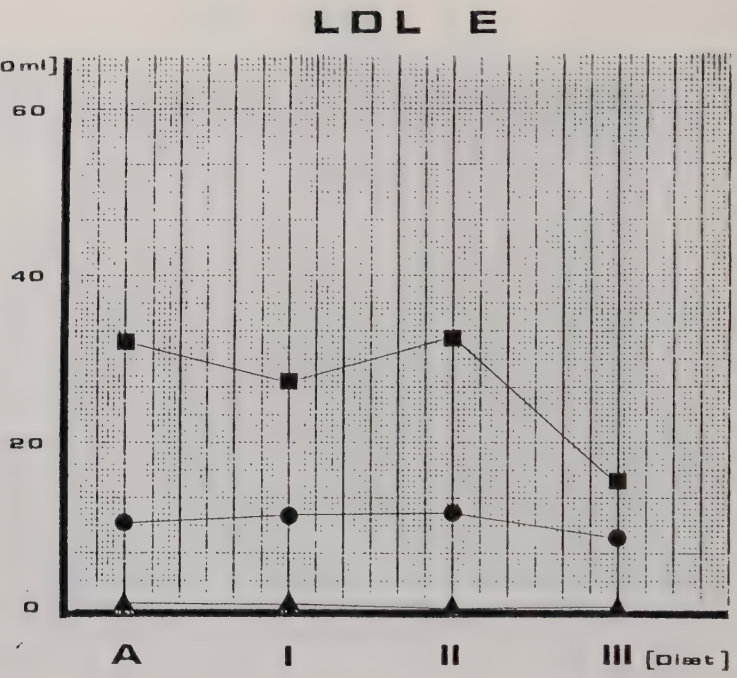

LDL E
[mg/100ml]
60
40
20
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 51

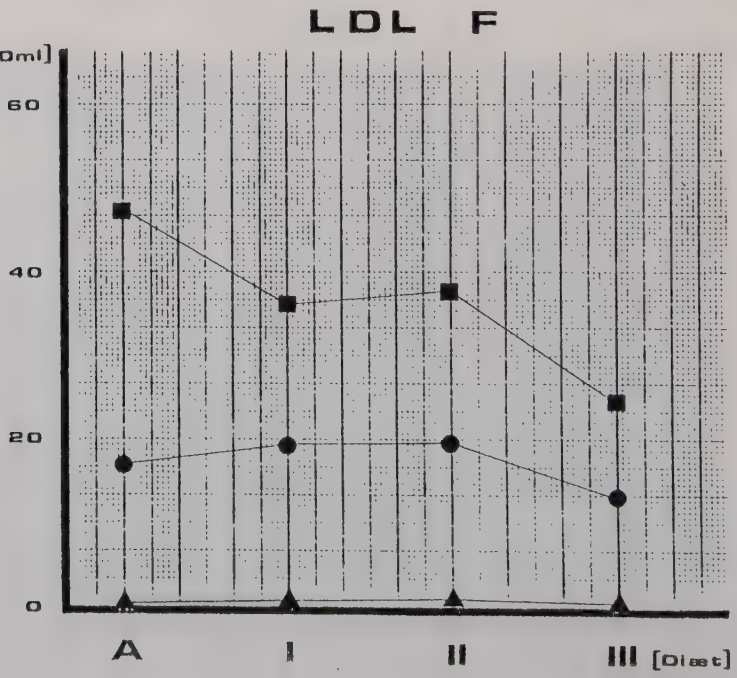

LDL F
[mg/100ml]
60
40
20
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 52 - 75

Anteilmäßige Zusammensetzung der HDL-Phosphatide bei den Versuchspersonen A - F am Ende der vierzehntägigen Formeldiätperioden. Jeder dargestellte Wert ist das Ergebnis mindestens einer Doppelbestimmung.

■ = Lecithin

● = Sphingomyelin

▲ = Lysolecithin

Abb. 52 - 57 Relativwerte in zeitlicher Folge
Abb. 58 - 63 Relativwerte in Abhängigkeit von der Formeldiät
Abb. 64 - 69 Absolutwerte in zeitlicher Folge
Abb. 70 - 75 Absolutwerte in Abhängigkeit von der Formeldiät

Abb. 52

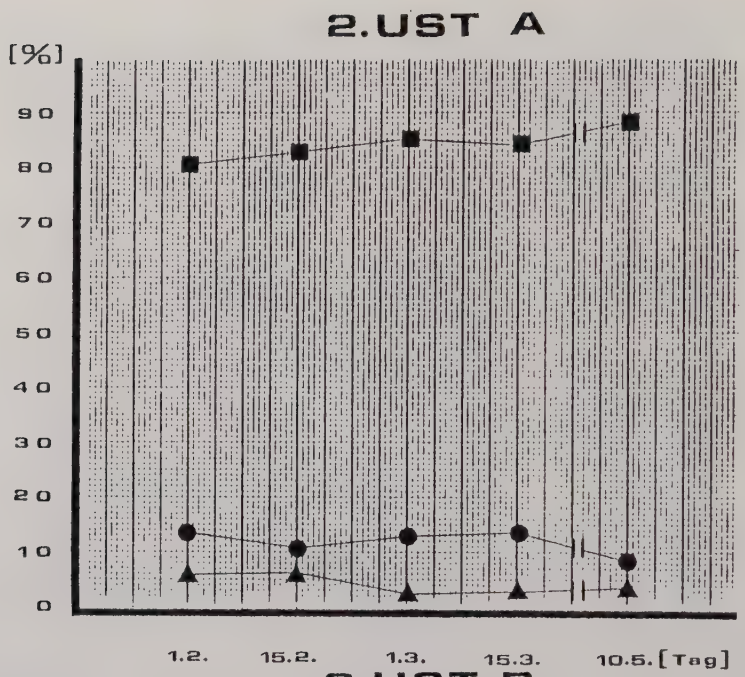

2.UST A
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 53

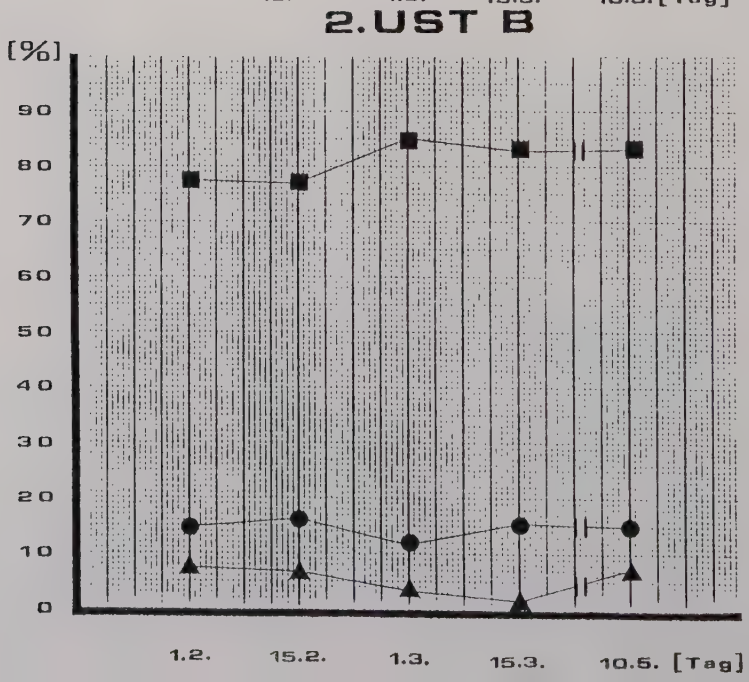

2.UST B
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 54

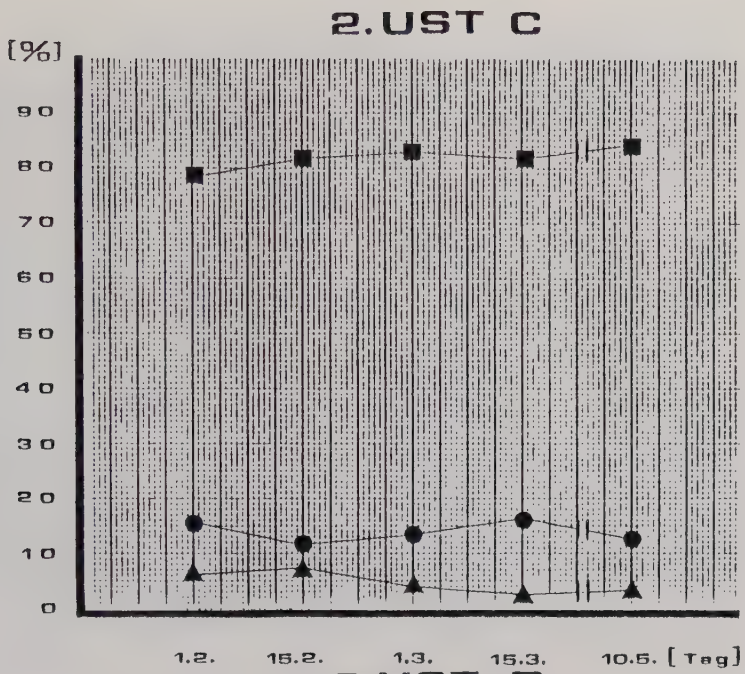

2.UST C
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 55

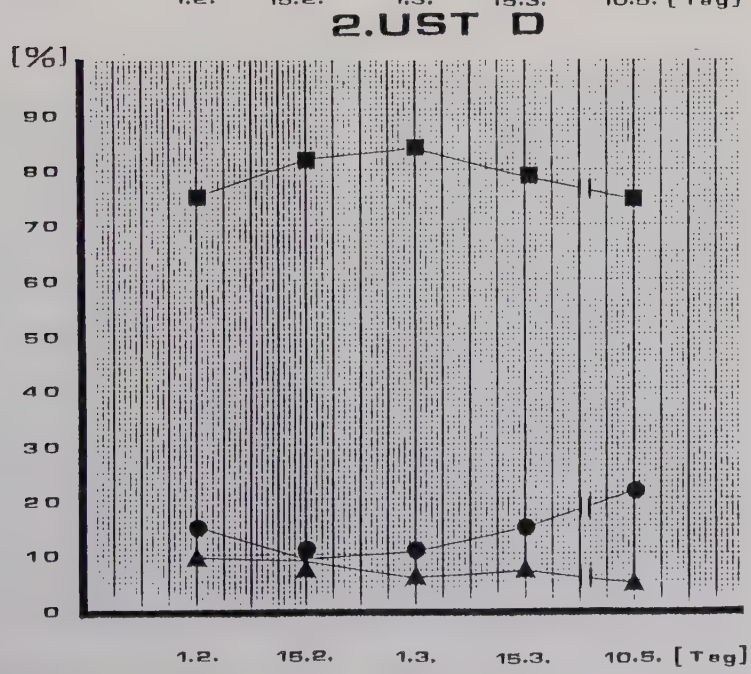

2.UST D
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 56

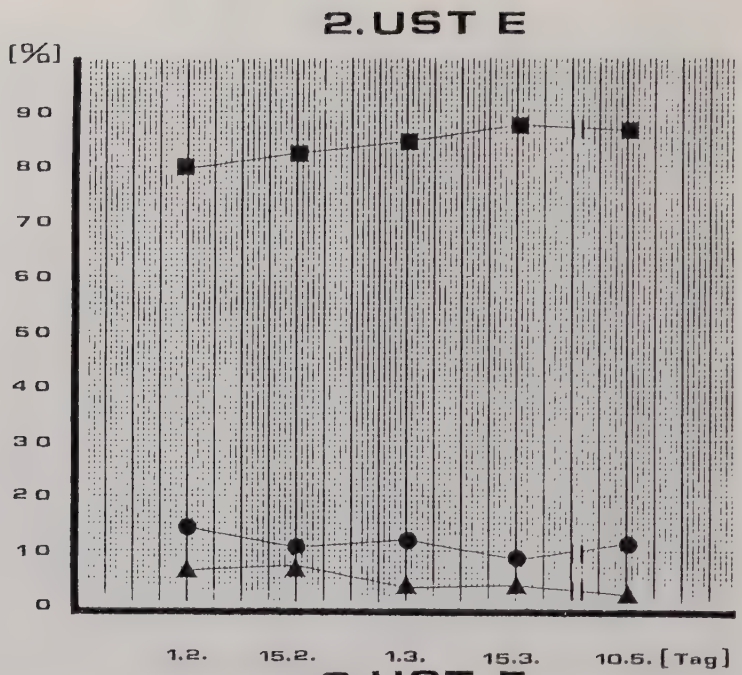

2.UST E
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 57

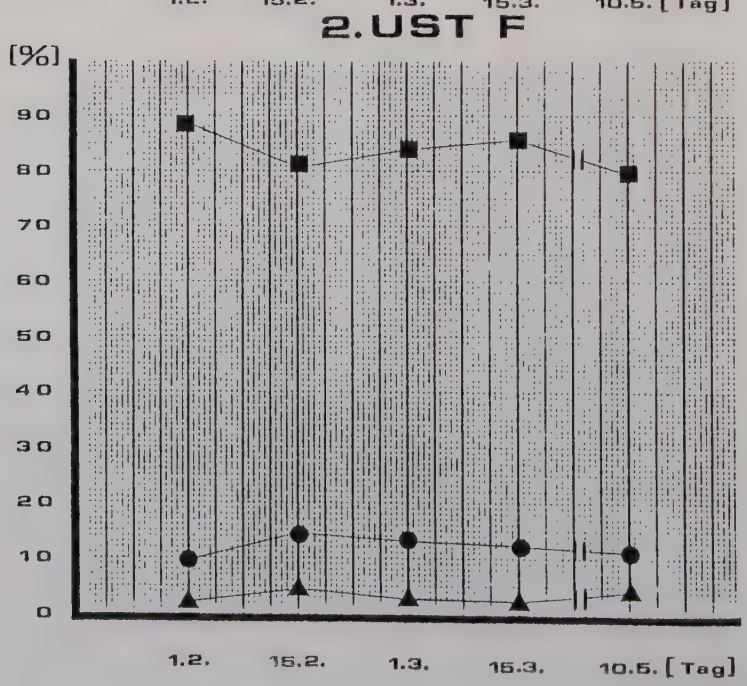

2.UST F
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5. [Tag]

Abb. 58

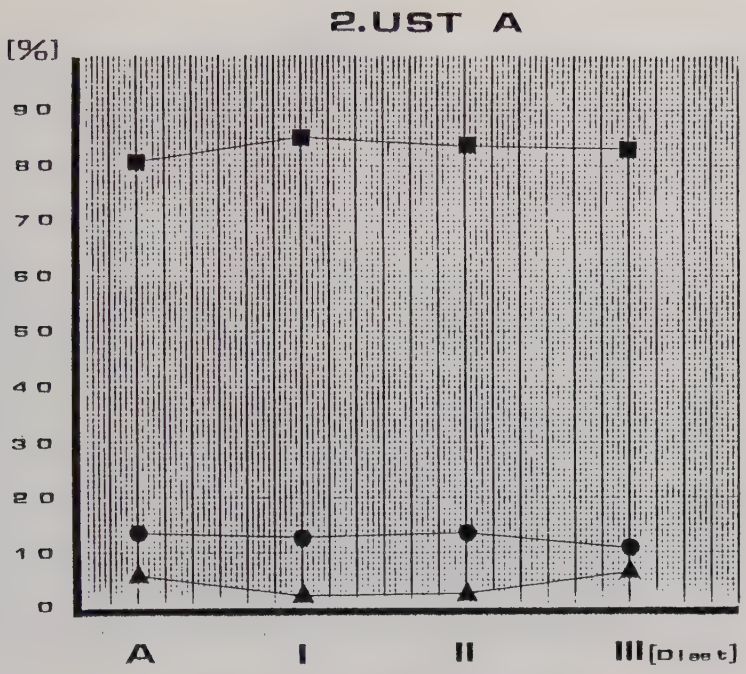

2.UST A
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diset]

Abb. 59

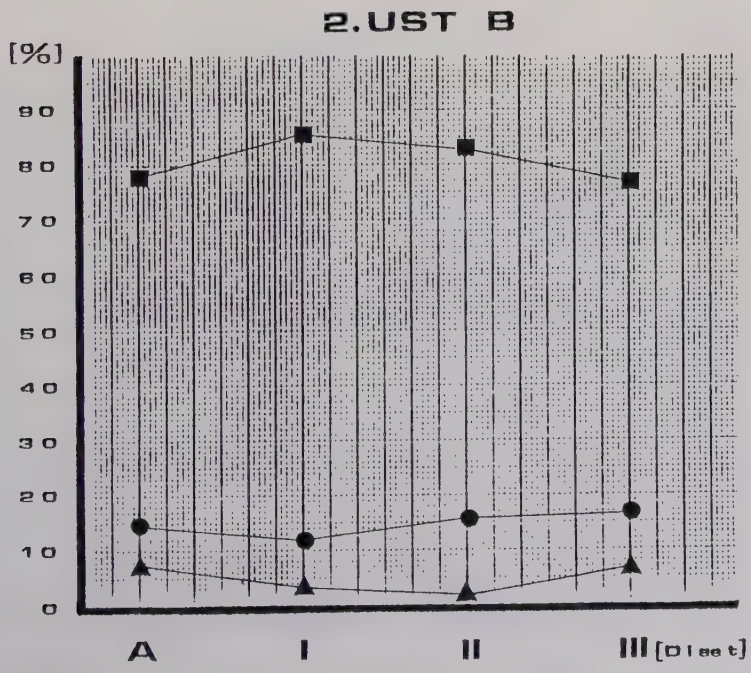

2.UST B
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diset]

Abb. 60

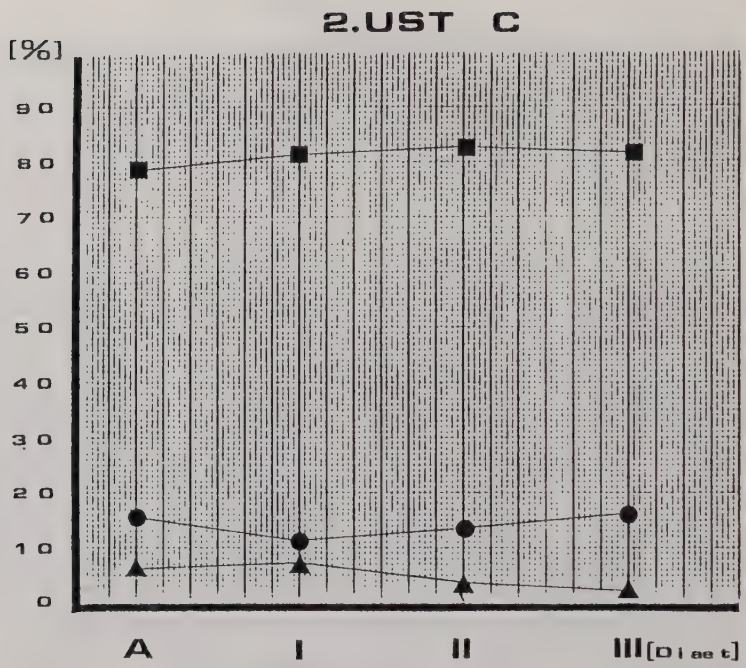

2.UST C
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diaet]

Abb. 61

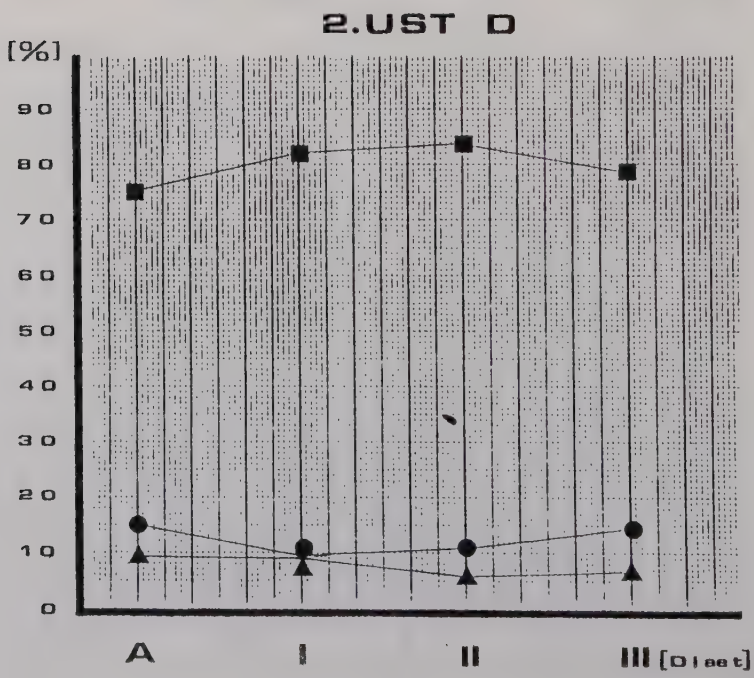

2.UST D
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III [Diaet]

Abb. 62

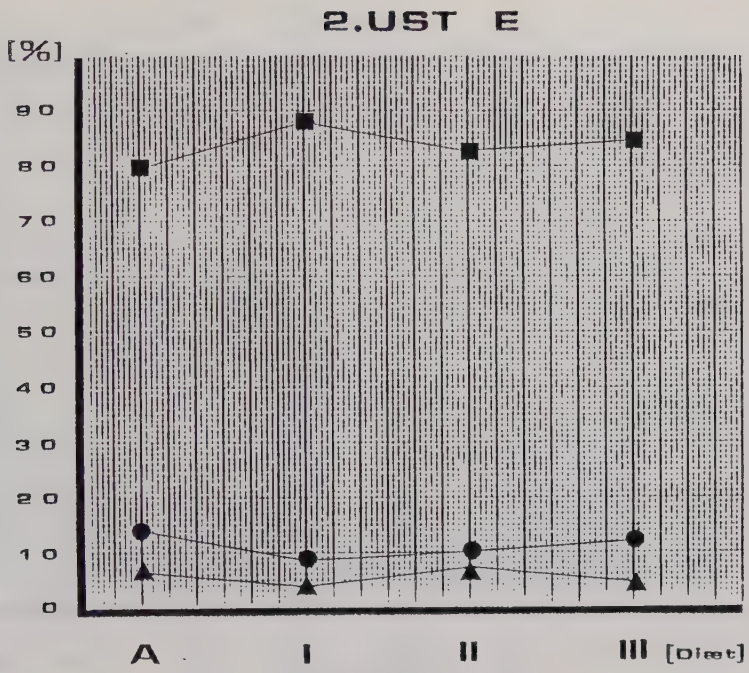

2.UST E
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III
[Diæt]

Abb. 63

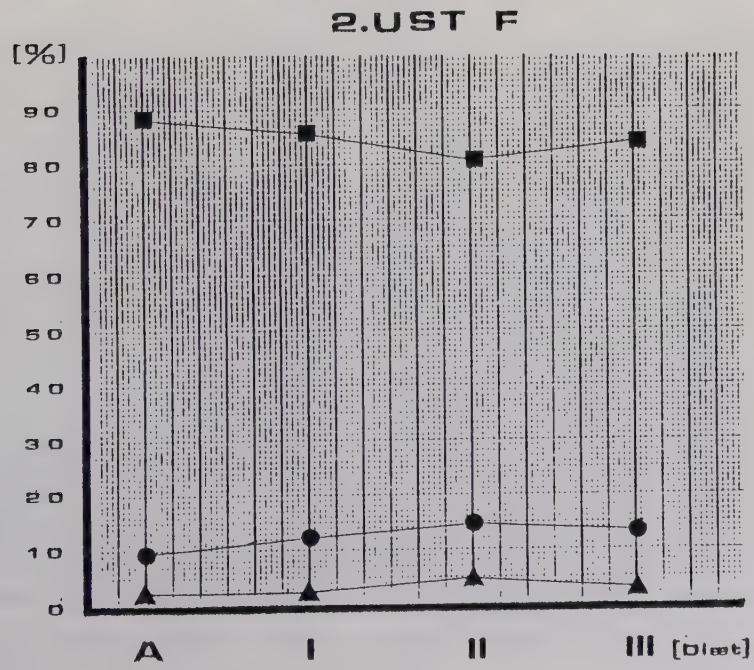

2.UST F
[%]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
I
II
III
[Diæt]

Abb. 64

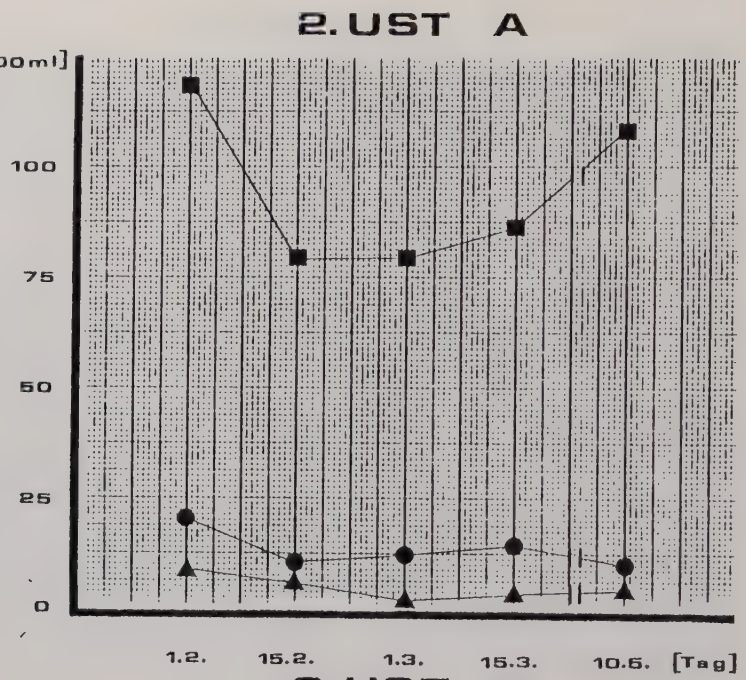

2. UST A
[mg/100 ml]
100
75
50
25
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 65

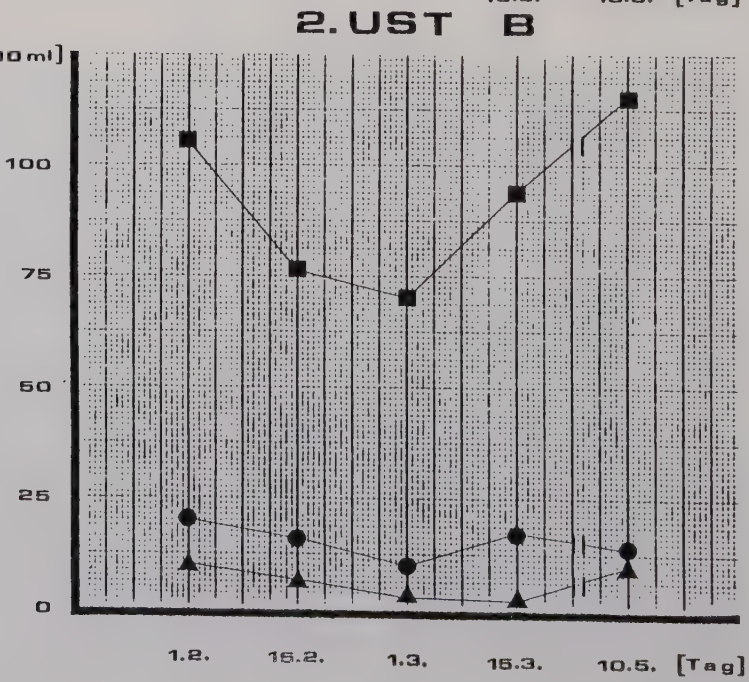

2. UST B
[mg/100 ml]
100
75
50
25
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 66

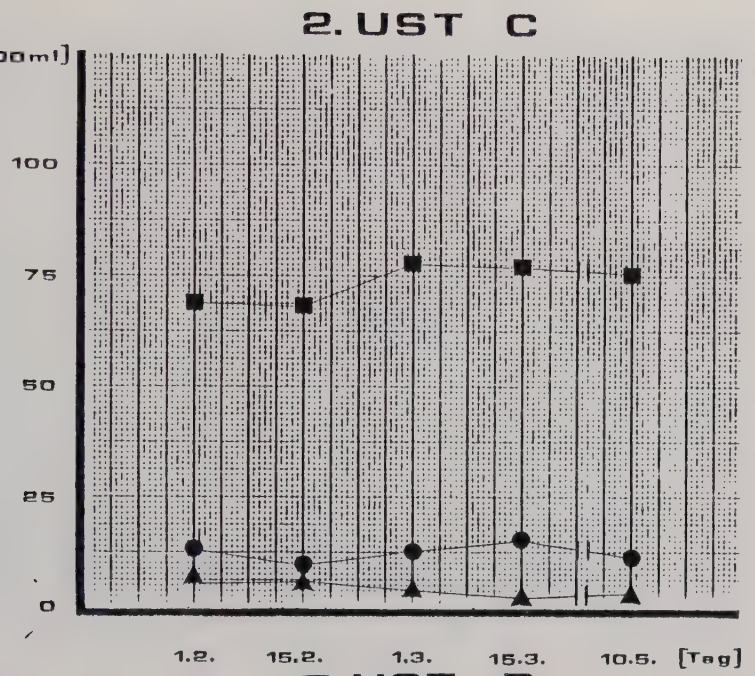

2. UST C
[mg/100ml]
100
75
50
25
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 67

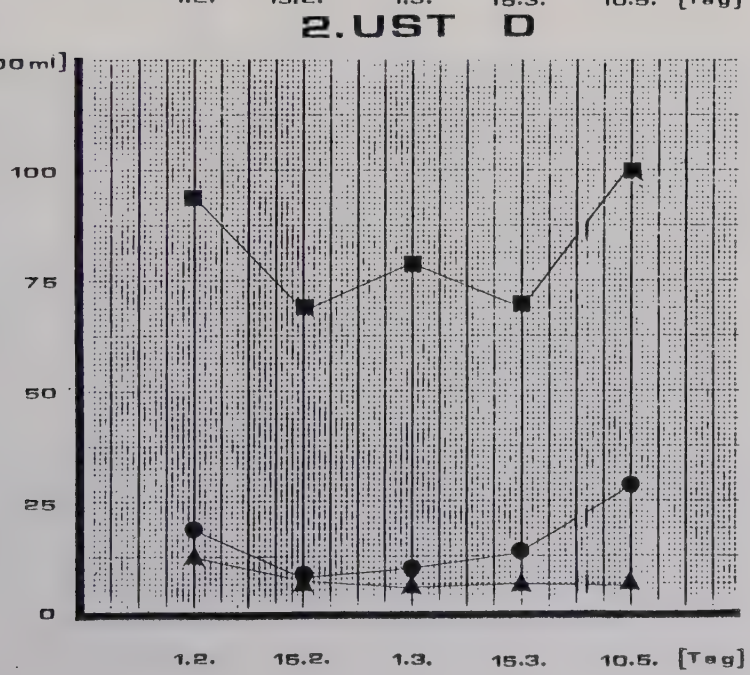

2. UST D
[mg/100ml]
100
75
50
25
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 68

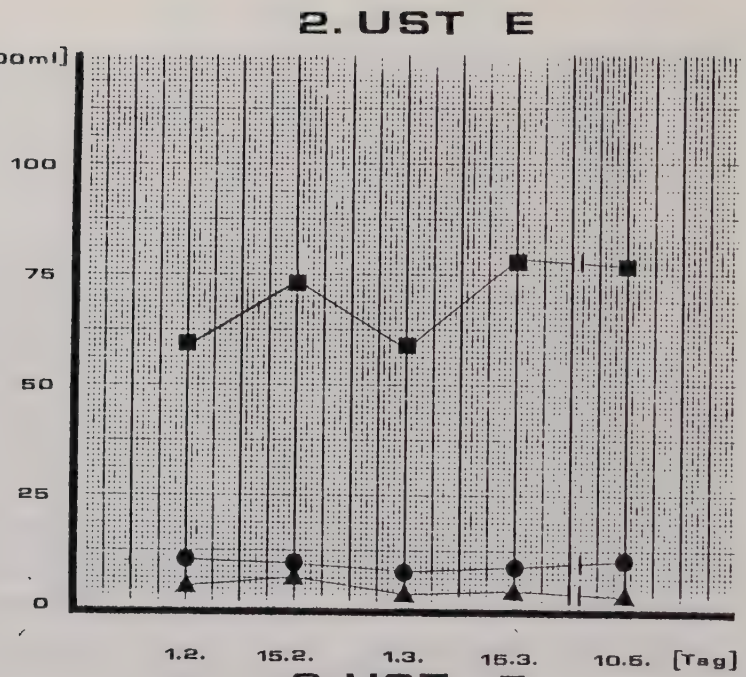

2. UST E
[mg/100ml]
100
75
50
25
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 69

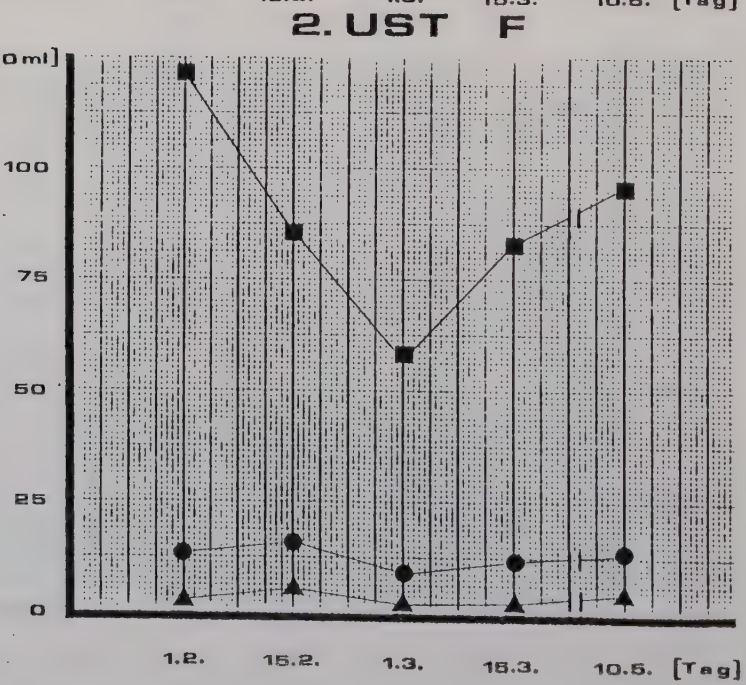

2. UST F
[mg/100ml]
100
75
50
25
0
1.2.
15.2.
1.3.
15.3.
10.5.
[Tag]

Abb. 70

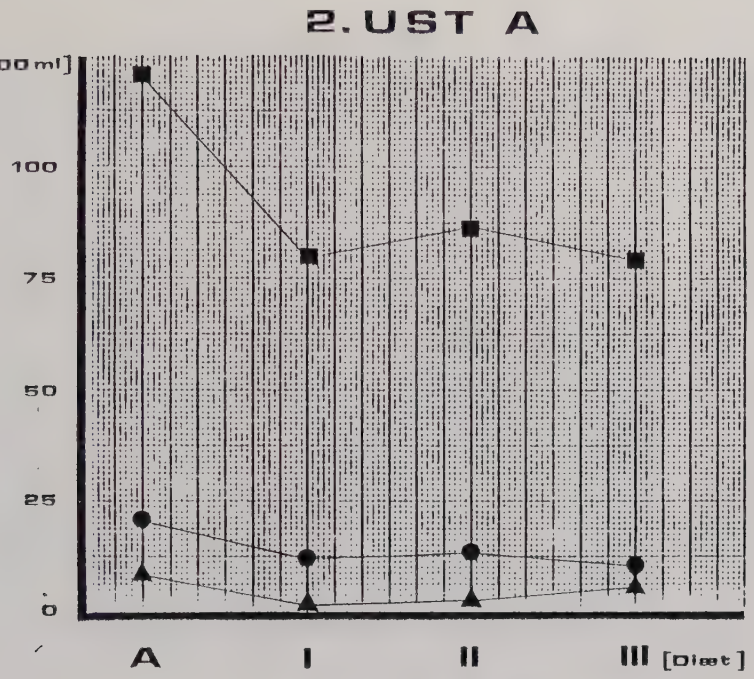

2.UST A
[mg/100 ml]
100
75
50
25
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 71

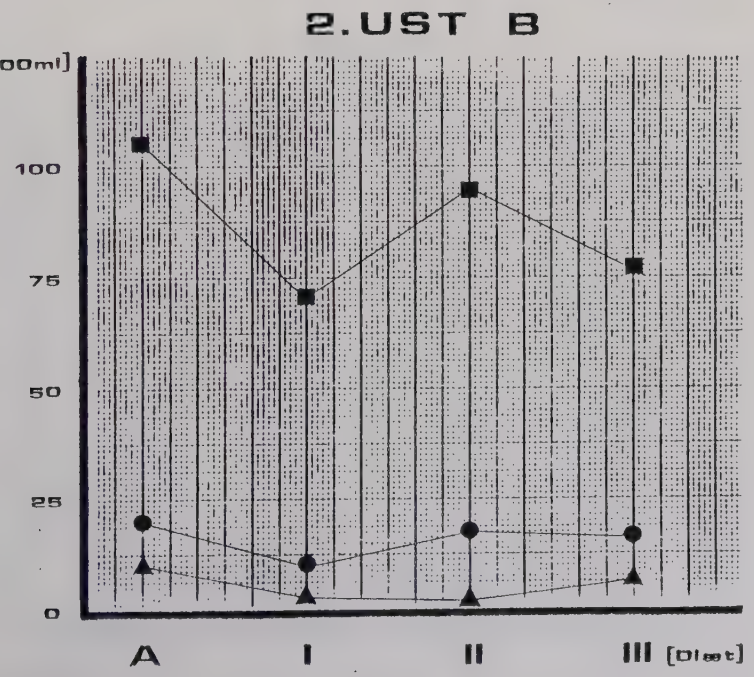

2.UST B
[mg/100ml]
100
75
50
25
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 72

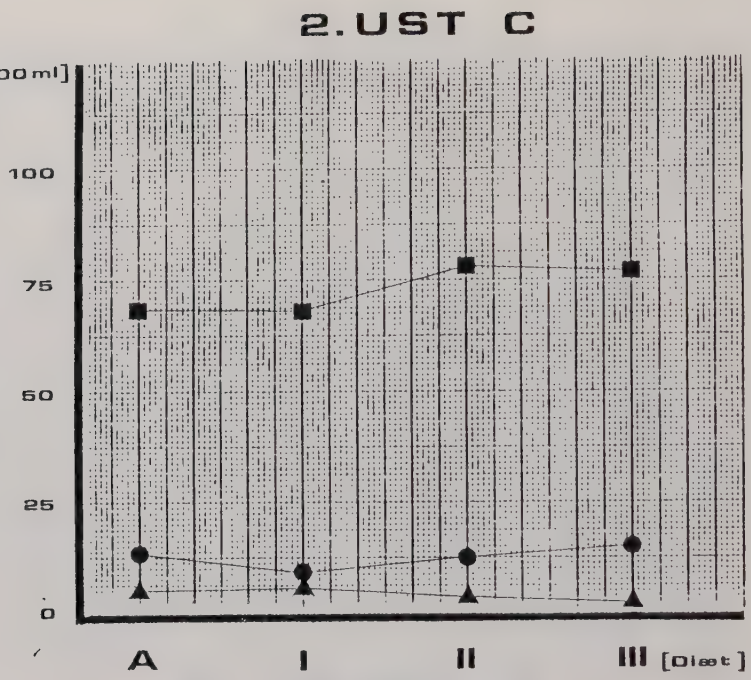

2. UST C
[mg/100 ml]
100
75
50
25
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 73

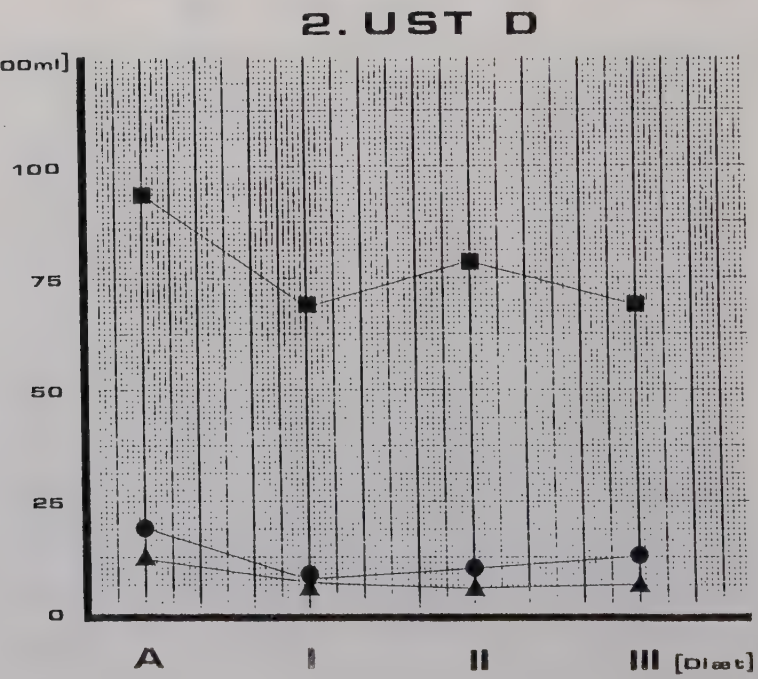

2. UST D
[mg/100ml]
100
75
50
25
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 74

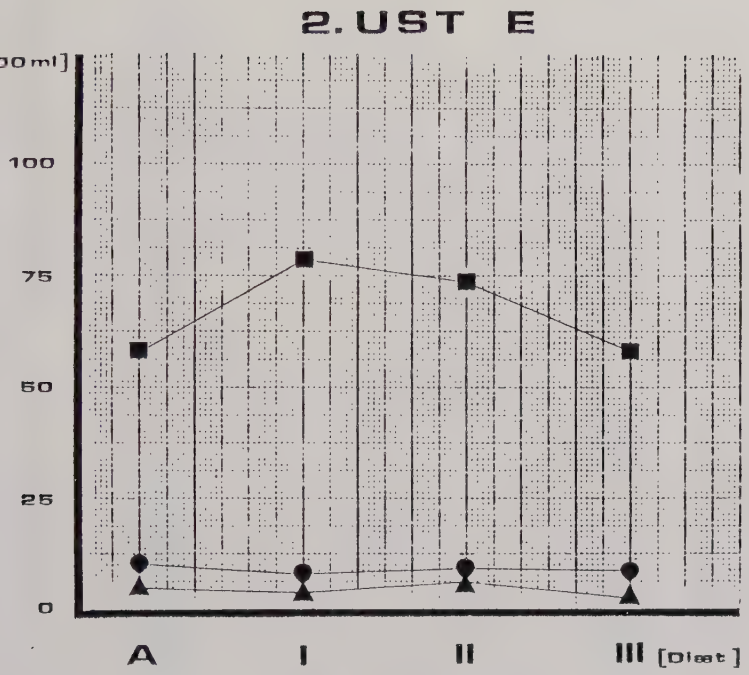

2. UST E
[mg/100 ml]
100
75
50
25
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 75

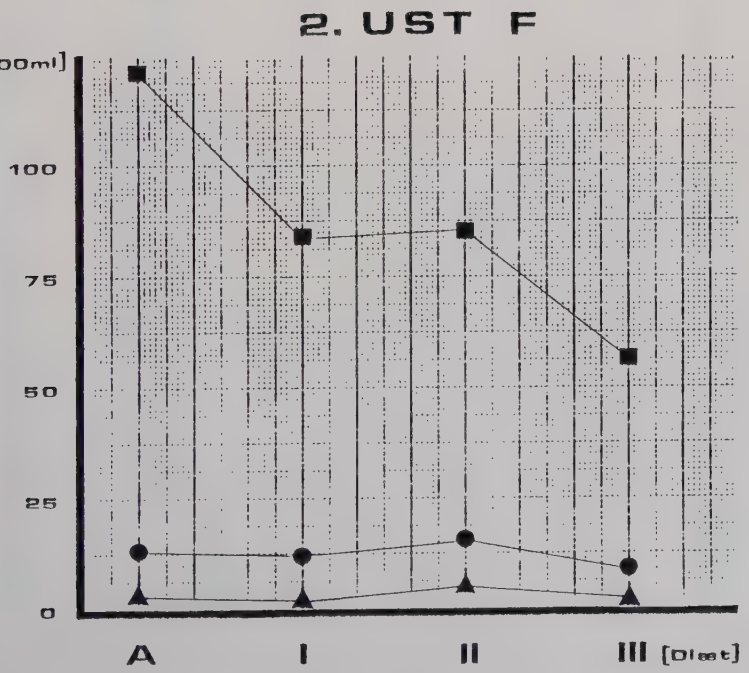
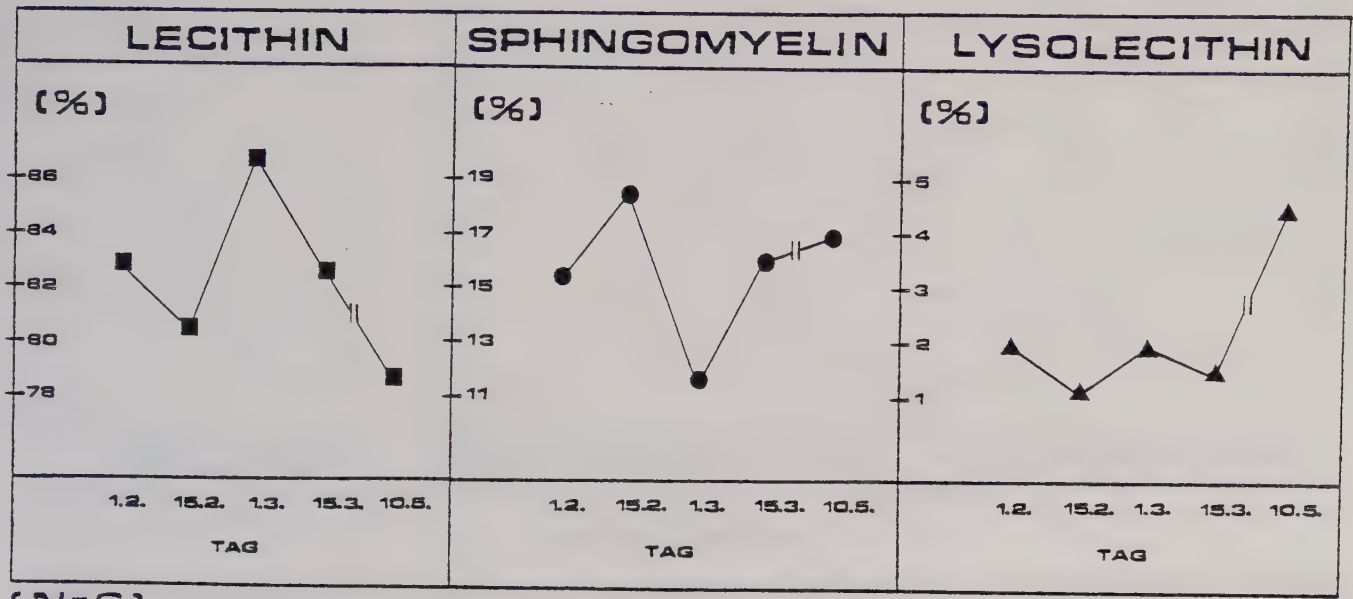

2. UST F
[mg/100ml]
100
75
50
25
0
A
I
II
III [Diæt]

Abb. 76 - 87

Relative und absolute Änderung der Mittelwerte von Lecithin, Sphingomyelin und Lysolecithin in den einzelnen Lipoproteinfraktionen im zeitlichen Ablauf und in Abhängigkeit von den drei Formeldiäten

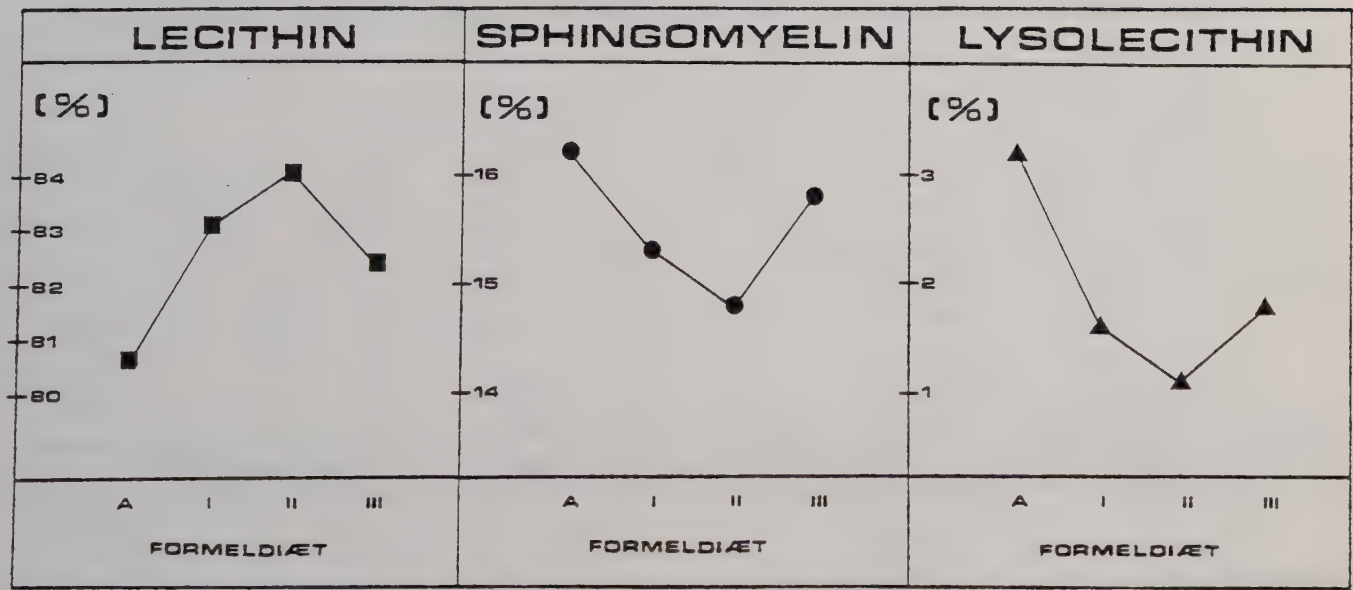
MITTELWERTE IN PROZENT VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER VLDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER ZEIT



(N=6)

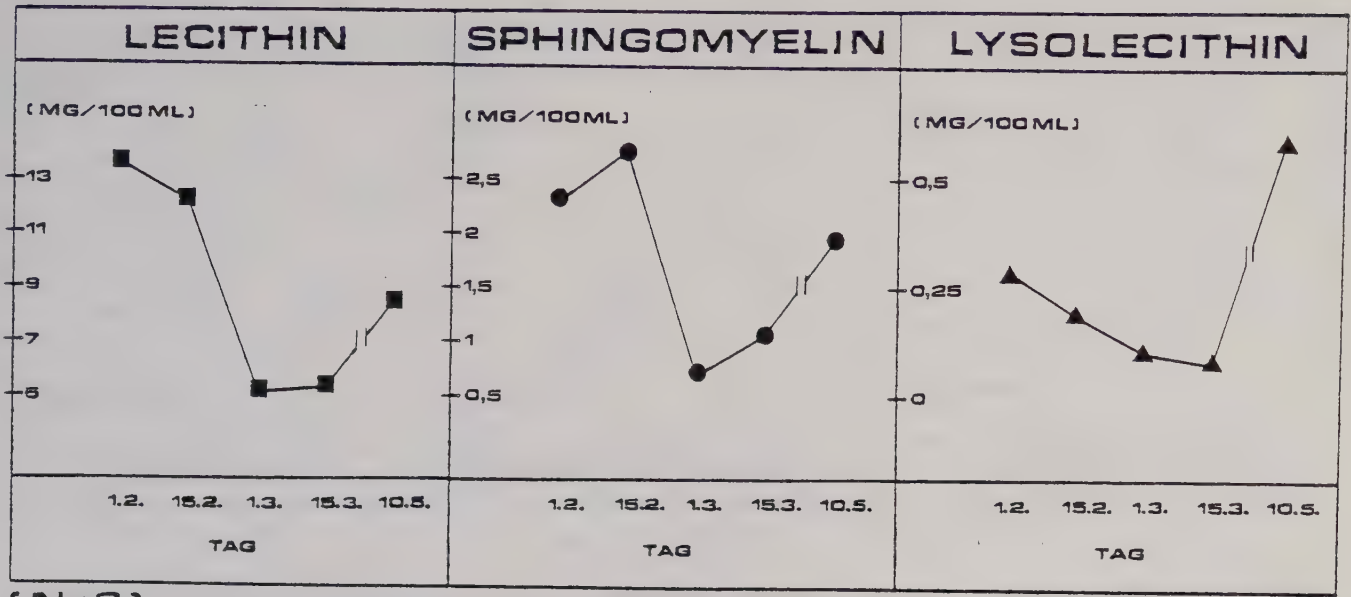
Abb. 77

MITTELWERTE IN PROZENT VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER VLDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER FORMELDIÆT



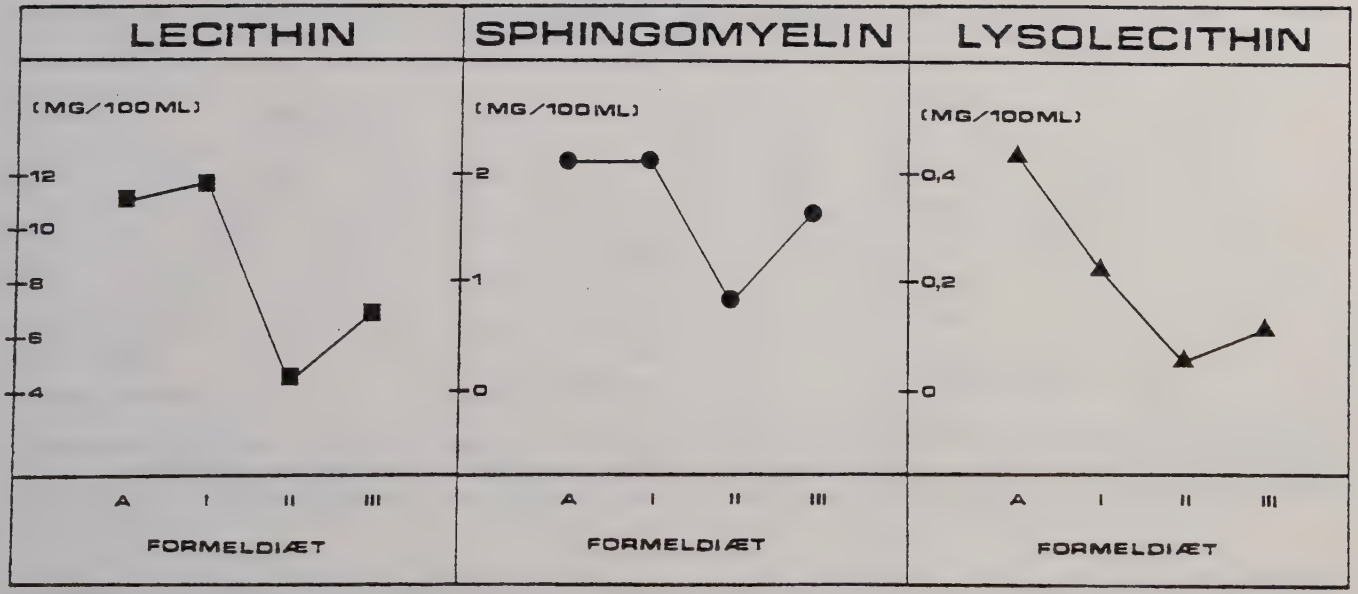
(N=6)

MITTELWERTE IN MG/100ML VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER VLDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0,10,50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER ZEIT



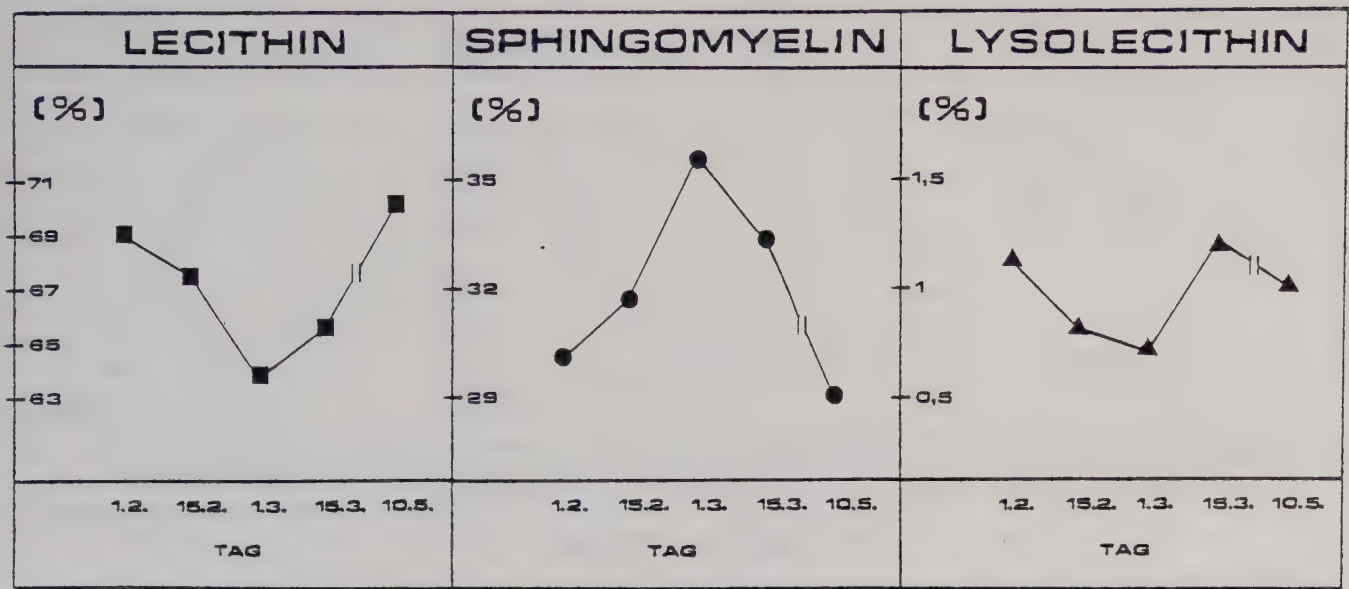
(N=6)

MITTELWERTE IN MG/100ML VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER VLDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0,10,50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER FORMELDIÆT



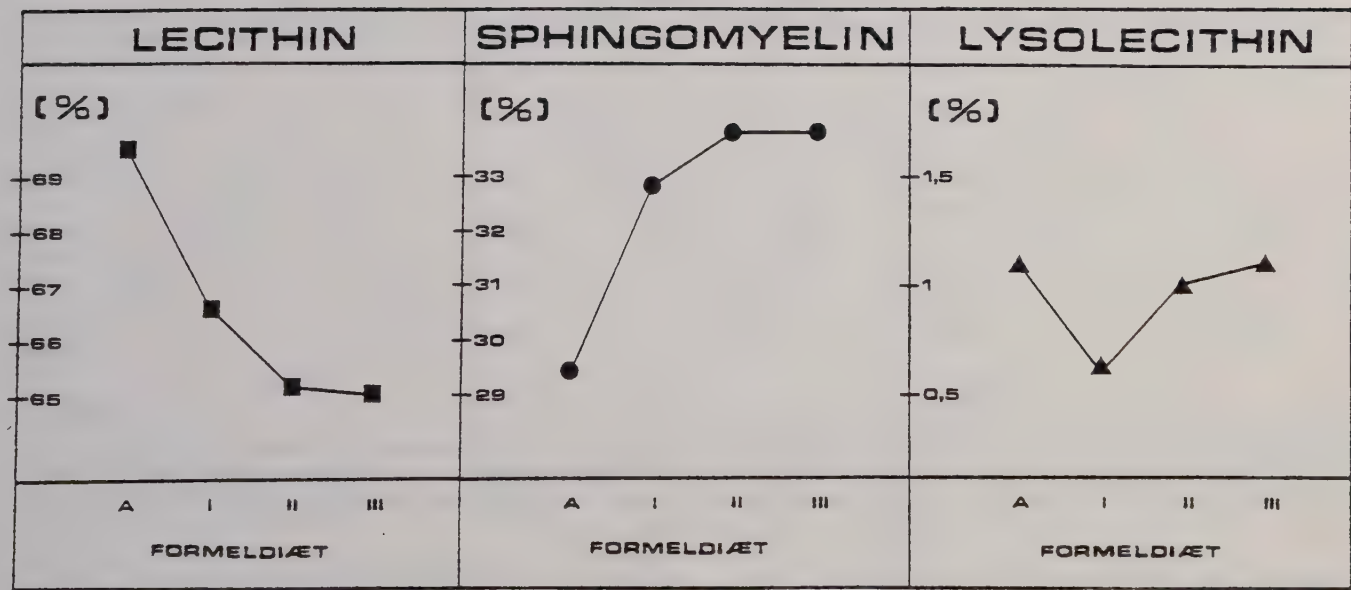
(N=6)

MITTELWERTE IN PROZENT VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER LDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER ZEIT



(N=6)

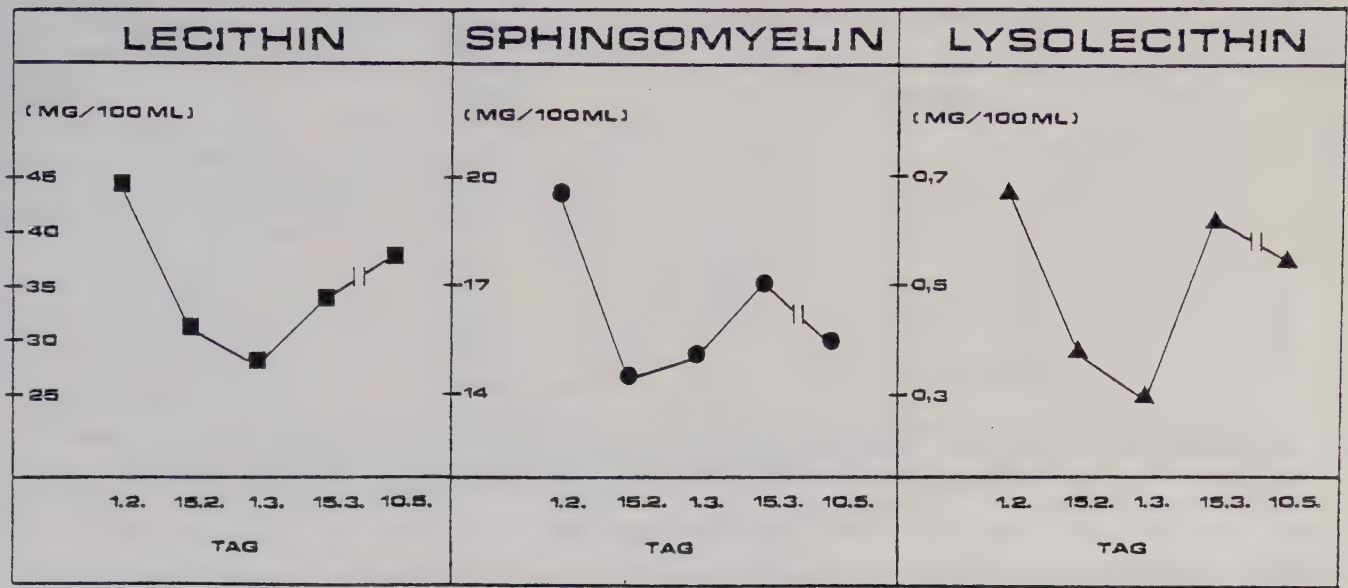
MITTELWERTE IN PROZENT VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER LDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER FORMELDIÆT



(N=6)

Abb. 82

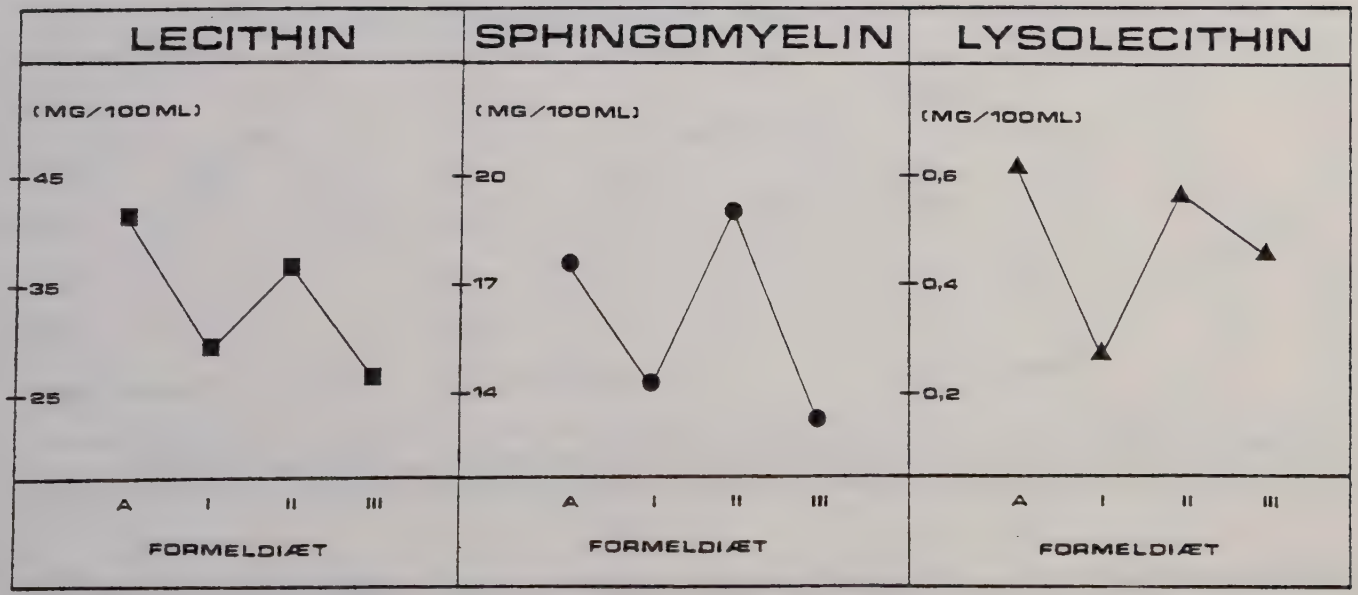
MITTELWERTE IN MG/100ML VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER LDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0,10,50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER ZEIT



(N=6)

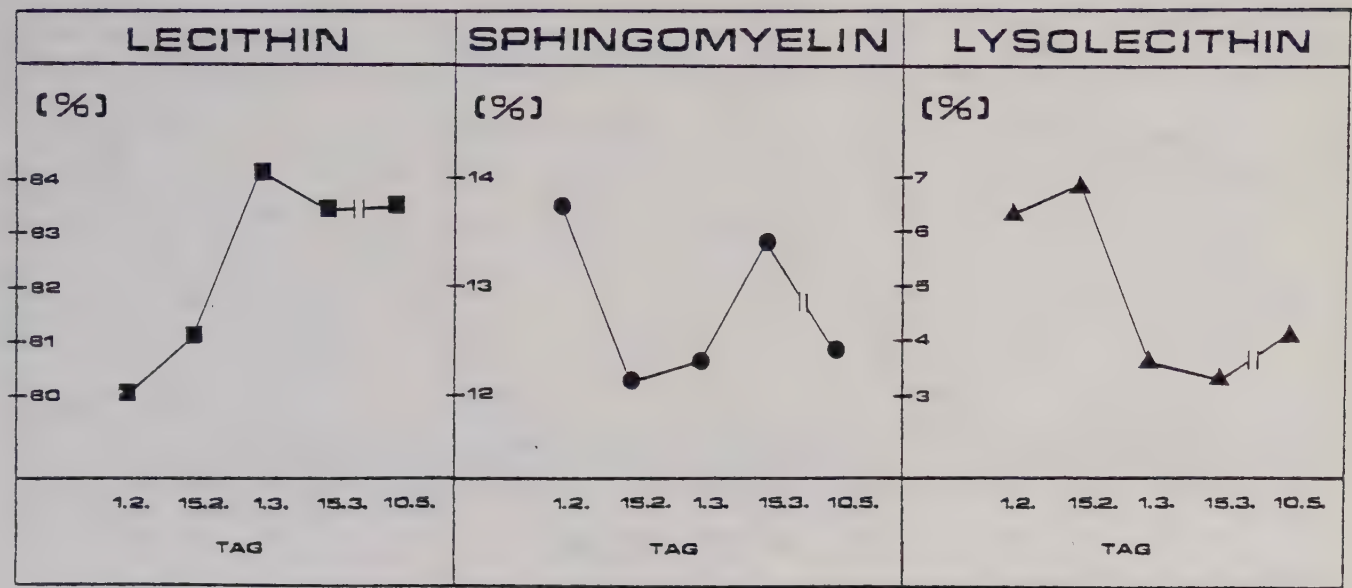
Abb. 83

MITTELWERTE IN MG/100ML VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER LDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER FORMELDIÆT



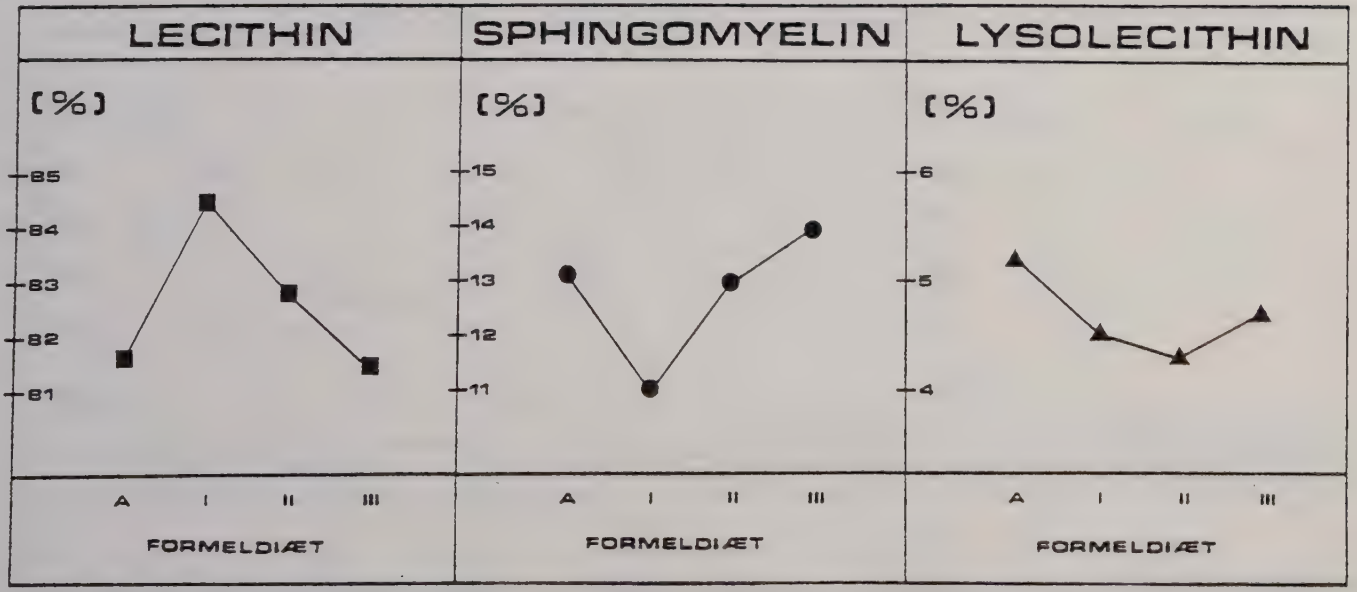
(N=6)

MITTELWERTE IN PROZENT VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER HDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER ZEIT



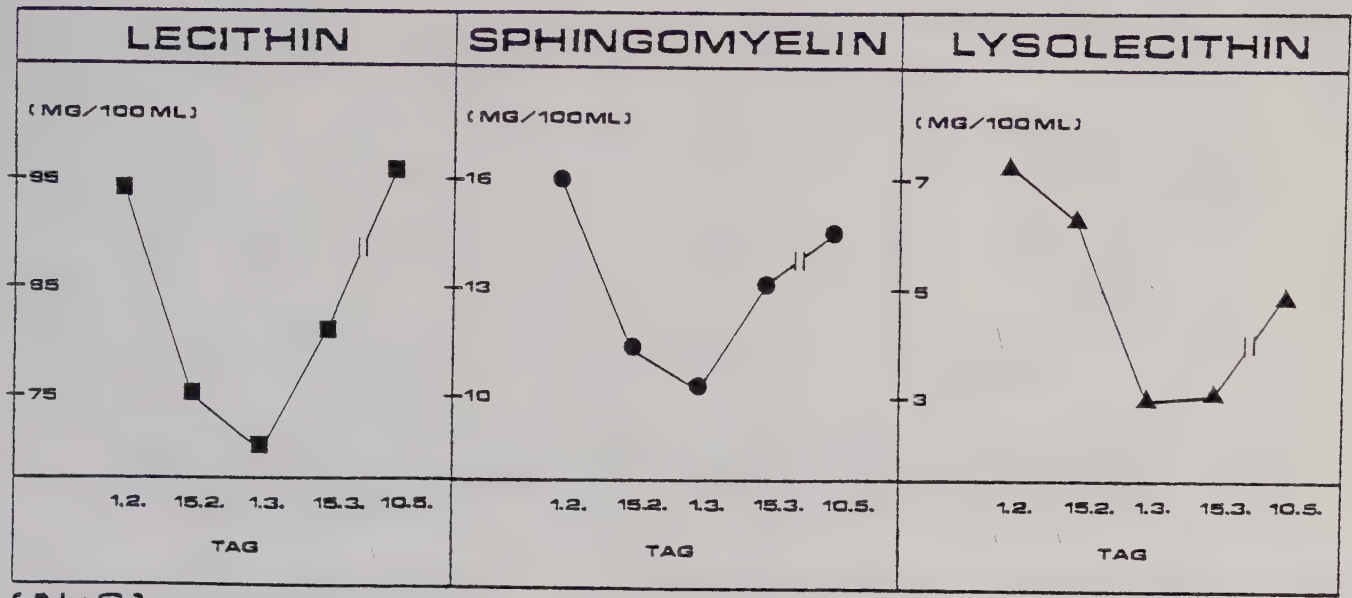
(N=6)

MITTELWERTE IN PROZENT VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER HDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER FORMELDIÆT



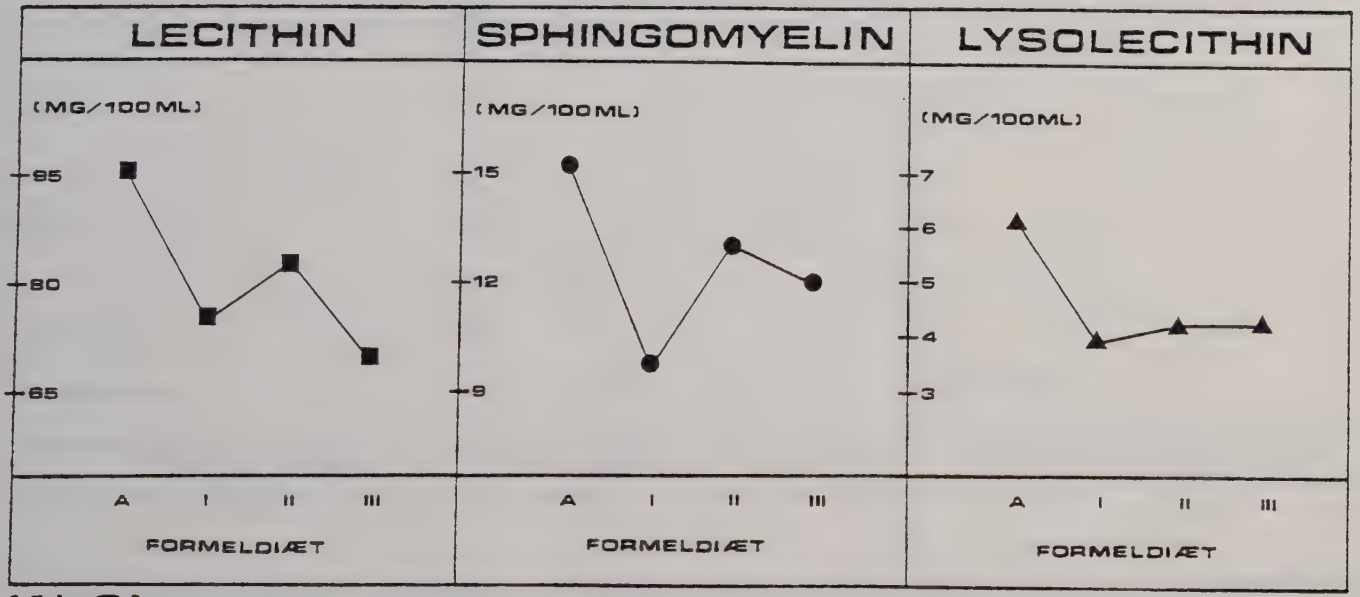
(N=6)

MITTELWERTE IN MG/100ML VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER HDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER ZEIT



(N=6)

MITTELWERTE IN MG/100ML VON LECITHIN, SPHINGOMYELIN UND LYSOLECITHIN IN DER HDL-FRAKTION UNTER FORMELDIÆTEN MIT 0, 10, 50 GRAMM LINOLSÆUREZUFUHR IN ABHÆNGIGKEIT VON DER FORMELDIÆT



(N=6)

LEBENSLAUF

Name:	Oswald Spitzenberger	
geboren:	29. August 1952	
verheiratet:	seit 4. August 1979 mit Eva Spitzenberger, geb. Wunder	
Eltern:	Josef Spitzenberger, Kaufmann Hermine Spitzenberger, geb. Herzig	
Geschwister:	Josef, Erich, Karl	
Schulen:	1958 - 1963	Volksschule in Mitterfirmiansreut / Bayer. Wald
	1963 - 1972	Gymnasium Zwiesel
Bundeswehr:	1972 - 1973	Grundwehrdienst beim 2./ Feldartilleriebataillon 41 in Regensburg
Studium:	1973 - 1974	Chemie an der Universität Regensburg
	1974 - 1978	Oecotrophologie an der Justus - Liebig - Universität Gießen 1978 Diplomhauptprüfung in Oecotrophologie
	1976 - 1978	Humanmedizin an der Philipps - Universität Marburg März 1977: Physikum März 1978: 1. Staatsexamen
	1978 - 1981	Humanmedizin an der Technischen Universität München August 1980: 2. Staatsexamen Oktober 1980 - September 1981 Praktische Ausbildung im Klinikum Rechts der Isar und Krankenhaus Oberföhring
	Okt. 1981	Approbation als Arzt